एकक III

गतिमान पिंड, व्यक्ति एवं विचार

प्रयोग 32

उद्देश्य

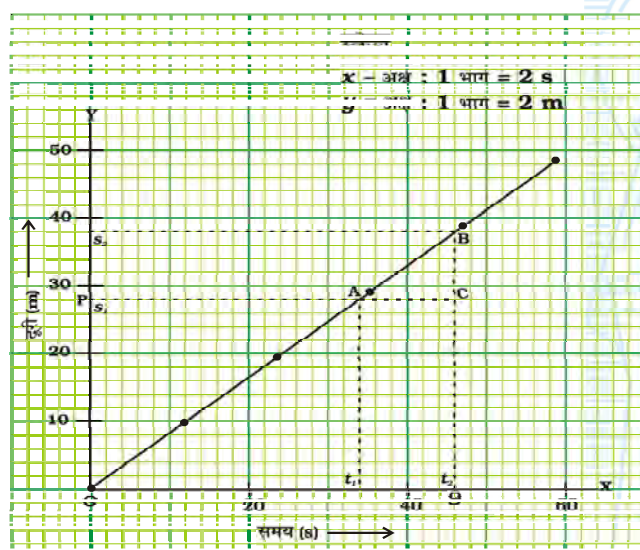
एकसमान चाल से गतिमान किसी पिण्ड के लिए दिए गए s तथा t के आंकड़ों के समुच्चय से दूरी-समय (s-t) ग्राफ खींचना तथा पिण्ड की चाल ज्ञात करना।

सिद्धांत

गतिमान पिण्ड के द्वारा चलित दूरी समय के साथ परिवर्तित होती है। यदि पिण्ड t समय में s दूरी तय करता है, तो इसकी चाल

$$v = \frac{s}{t} \qquad (1)$$

जब कोई पिण्ड समान समय-अंतरालों में समान दूरियाँ तय करता है तो उसकी गति को एकसमान चाल कहा जाता है। परंतु यदि पिण्ड की चाल अथवा गति की दिशा में समय के साथ परिवर्तन होता है तो इसे असमान गति कहा जाता है।

एकसमान गति में पिण्ड द्वारा चलित दूरी, इस दूरी को तय करने में लिए गए समय के अनुक्रमानुपाती होती है। इस प्रकार चली गयी दूरी तथा समय के बीच ग्राफ एक सरल रेखा होता है। इस दूरी-समय ग्राफ का उपयोग पिंड की चाल ज्ञात करने के लिए किया जा सकता है। चित्र 32.1 में एक समान चाल से गतिमान किसी पिण्ड का दूरी-समय (s-t) ग्राफ दर्शाया गया है। इस पिण्ड की चाल ज्ञात करने के लिए s-t ग्राफ के किसी छोटे भाग AB पर विचार कीजिए। x- अक्ष तथा y- अक्ष के समान्तर खींची गयी दो रेखाएं क्रमशः PAC एवं

चित्र 32.1 : एकसमान चाल से गतिशील पिंड का दूरी-समय ग्राफ

BCQ एक दूसरे से बिन्दु C पर मिलकर एक त्रिभुज ABC बनाती हैं। रेखा खण्ड AC समय अंतराल (t_2-t_1) को दर्शाता है जबकि रेखा-खण्ड BC दूरी (s_2-s_1) के तदनुरूपी है। अत: पिण्ड की चाल, V को इस प्रकार निरूपित किया जा सकता है।

$$v = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} = \frac{BC}{AC} \quad (2)$$

यह (*s*-*t*) ग्राफ की प्रवणता भी है। ग्राफ की प्रवणता जितनी अधिक होती है उतनी ही अधिक पिण्ड की चाल होती है। (*s*-*t*) ग्राफ का उपयोग उस समय पर भी पिण्ड की चाल का अनुमान लगाने में किया जा सकता है जो आंकड़ों में नहीं दिया गया है। समय अंतराल के दिये गये परिसर के भीतर किसी ऐसे समय, जिस पर कि दिए गए आंकड़े में, पिण्ड की स्थिति को नहीं दर्शाया गया है, पिण्ड की स्थिति का अनुमान लगाया जा सकता है (अंतर्वेशन)। इसी प्रकार कोई भी इस ग्राफ का उपयोग पिण्ड की स्थिति तथा चाल को उस समय पता लगाने में कर सकता है जो आंकड़े के दिए गए परिसर से बाहर हैं (बहिर्वेशन)। इसके विपरीत समीकरण (1) का उपयोग केवल उन्ही क्षणों में पिण्ड की चाल ज्ञात करने में किया जा सकता है जिनके लिए आंकड़े में दूरियाँ दी गयी होती हैं।

आवश्यक सामग्री

ग्राफ पेपर

कार्यविधि

1. विभिन्न समयों (*t*) पर पिण्ड द्वारा तय की गयी दूरियों (*s*) के दिए गए आंकड़ों का परीक्षण कीजिए। प्रत्येक राशि के अधिकतम् तथा न्यूनतम् मानों का अंतर ज्ञात कीजिए (ये दूरी तथा समय के मानों के परिसर हैं।) सारणी 1 में किसी कार द्वारा तय की गयी दूरी (m में) तथा इन दूरियों को तय करने में लगे समय (s में) के आंकड़े दर्शाए गए हैं। इस सारणी में समय के मानों का परिसर 0 से 10 s है जबकि दूरी के मानों का परिसर 0 से 100 m है।

सारणी 1 : एक कार की गति

क्रम. सं.	समय *t* (s)	दूरी *s* (m)
1	0	0
2	1	10
3	2	20
4	3	30
5	4	40
6	5	50
7	6	60
8	7	70
9	8	80
10	9	90
11	10	100

2. एक ग्राफ पेपर लीजिए तथा उस पर *x* तथा *y* अक्ष निरूपित करने के लिए क्रमश: दो लम्बवत् रेखाएं OX तथा OY खींचिए (चित्र 32.1)। दोनों अक्षों के अनुदिश ग्राफ पेपर पर लम्बाइयाँ मापिए (अथवा उपलब्ध अंशों की संख्या गिनिए)। उदाहरण के लिए मान लीजिए कि जो ग्राफ पेपर आप को दिया गया है उसकी *x*- अक्ष के अनुदिश लम्बाई 15 cm (अथवा एक-एक सेन्टीमीटर के 15 भाग) तथा *y*-अक्ष के अनुदिश लम्बाई 25 cm (अथवा एक-एक सेन्टीमीटर के 25 भाग) हैं।

3. *x*- अक्ष के अनुदिश तथा *y*- अक्ष के अनुदिश दर्शाई जाने वाली राशियों के बारे में निर्णय लीजिए। परिपाटी के अनुसार समय को *x*- अक्ष के अनुदिश तथा दूरी को *y*- अक्ष के अनुदिश दर्शाया जाता है।

4. दोनों अक्षों पर उपलब्ध भागों तथा समय एवं दूरी के दिए गए आंकड़ों के आधार पर y- अक्ष के अनुदिश दूरी को निरूपित करने के लिए एक पैमाना तथा x- अक्ष के अनुदिश समय निरूपित करने के लिए कोई दूसरा पैमाना इस प्रकार लिया जा सकता है समय: 1 s = 1 cm; तथा दूरी: 10 m = 2 cm (पैमानों का चयन करते समय ग्राफ पेपर के अधिकतम् भाग का उपयोग करने का प्रयास कीजिए)।
5. चयनित पैमानों के अनुसार समय तथा दूरियों के मानों को उनके अक्षों पर अंकित कीजिए। कार की गति के लिए x- अक्ष पर प्रत्येक 1 cm के पश्चात् मूलबिन्दु O से समय 1 s, 2 s, 3 s.... अंकित कीजिए। इसी प्रकार y- अक्ष पर प्रत्येक 2 cm के पश्चात् मूलबिन्दु से 10 m, 20 m, 30 m अंकित कीजिए।
6. अब आंकड़ों में प्रदान किए गए दूरी तथा समय के मानों के प्रत्येक समुच्चय को निरूपित करने के लिए ग्राफ पेपर पर बिन्दुओं को अंकित कीजिए।
7. ग्राफ पेपर पर अंकित सभी बिन्दुओं को मिलाइए। यह कार की गति के लिए प्रदान किए गए आंकड़े का s-t ग्राफ है। जाँच कीजिए कि यह एक सरल रेखा है अथवा नहीं। सरल रेखीय ग्राफ यह इंगित करता है कि कार नियत चाल से गतिमान है।

प्रेक्षण एवं परिकलन

कार की चाल ज्ञात करने के लिए सरल रेखीय ग्राफ पर कोई दो बिन्दु लेकर उनके तदनुरूपी t तथा s के मान ज्ञात कीजिए (जैसा कि ऊपर सैद्धान्तिक भाग में सुझाया गया है।) सुगमता के लिए यह सुझाव दिया जाता है कि वे बिन्दु लीजिए जो समय तथा दूरी के पूर्णांक मानों के तदनुरूपी हो। मान लीजिए इन दो बिन्दुओं के निर्देशांक (t_1, s_1) तथा (t_2, s_2). हैं। तब कार द्वारा समय अंतराल $(t_2 - t_1)$ में चली गयी दूरी $(s_2 - s_1)$ है। समीकरण (2) द्वारा समय अंतराल $(t_2 - t_1)$ में कार की चाल परिकलित कीजिए।

इसी प्रकार s-t ग्राफ पर बिन्दुओं के अन्य समुच्चय लेकर कार की चाल कुछ अन्य समय अंतरालों पर ज्ञात कीजिए। अपने प्रेक्षणों को सारणीबद्ध कीजिए।

क्रम संख्या	ग्राफ पर चयनित पहले बिन्दु पर समय का मान, t_1	ग्राफ पर चयनित दूसरे बिन्दु पर समय का मान, t_2	समय t_1 पर दूरी, s_1	समय t_2 पर दूरी, s_2	समीकरण (2) द्वारा कार की चाल
	(s)	(s)	(m)	(m)	(m s^{-1})
1					
2					
3					
4					

परिणाम एवं परिचर्चा

कार की गति का दूरी-समय ग्राफ सरल रेखीय ग्राफ है। यह इंगित करता है कि कार एक समान चाल से गतिमान है। अपनी प्रायोगिक पुस्तिका में दूरी-समय ग्राफ चिपकाइए।

कार की औसत चाल =.....m s^{-1}

सावधानियाँ

- ग्राफ खींचने में नुकीली पेंसिल का उपयोग कीजिए।
- कार की गति संबंधी दो राशियों, दूरी तथा समय को ग्राफ पेपर पर निरूपित करने के लिए चयनित पैमाना ऐसा होना चाहिए कि ग्राफ पेपर का अधिकतम् भाग का उपयोग हो जाए। इससे ग्राफ की अच्छी व्याख्या करने में सहायता मिलेगी।

शिक्षक के लिए

- इस प्रयोग में कार की गति के लिए दूरी-समय आंकड़े का एक नमूना समुच्चय प्रस्तुत किया गया है। आपको यह सुझाव दिया जाता है कि छात्रों को आप s - t ग्राफ खींचने तथा एकसमान गतिमान पिण्ड की चाल ज्ञात करने के लिए किसी गतिमान पिण्ड के लिए दूरी-समय के विभिन्न समुच्चय प्रदान करें।
- ग्राफ पेपर पर क्रमश: समय तथा दूरियों के मान निरूपित करने के लिए दो अक्षों OX तथा OY को खींचते समय बिन्दु O को ग्राफ पेपर के निचले बाएं कोने से कुछ दूर लेना चाहिए।
- अक्षों पर भौतिक राशियों को उनके उचित मात्रकों सहित इंगित करना चाहिए। ग्राफ पेपर के ऊपरी दाएं कोने पर राशियों के पैमानों को भी उचित प्रकार से व्यक्त करना चाहिए।

अनुप्रयोग

- $s - t$ ग्राफ की प्रवणता गतिमान वस्तु की चाल की माप होती है। विभिन्न गतिमान पिण्डों के लिए विभिन्न s-t ग्राफ हो सकते हैं। इनकी प्रवणताओं से इनकी चालों की तुलना की जा सकती है। किसी ग्राफ की जितनी अधिक प्रवणता होती है उतना ही अधिक पिण्ड की चाल होती है।
- यहाँ खींचा गया ग्राफ समय अंतराल के किसी दिए गए परिसर में पिण्ड की गति दर्शाता है। इसी ग्राफ का उपयोग करके आंकड़ों में दिए गए समय अंतराल के परिसर के बाहर भी गतिमान पिण्ड की स्थिति ज्ञात की जा सकती है। इसके लिए ग्राफ का वहिर्वेशन किया जाता है।

प्रश्न

- एक समान चाल से गतिमान किसी पिण्ड के लिए दूरी-समय ग्राफ की आकृति क्या होती है? इस ग्राफ की प्रवणता द्वारा निरूपित भौतिक राशि का नाम लिखिए?
- उस पिण्ड के $s - t$ ग्राफ की आकृति क्या होगी जो विरामावस्था में है?
- यदि किसी पिण्ड का दूरी-समय ग्राफ समय-अक्ष के समांतर है, तो इस पिण्ड की गति के विषय में आप क्या निष्कर्ष निकाल सकते हैं?
- क्या आप समय अक्ष के समांतर दूरी-समय ग्राफ से गति की कल्पना कर सकते हैं?

- इस प्रयोग में ग्राफ पेपर के अधिकतम् भाग के उपयोग का सुझाव दिया गया है। इस सुझाव की न्याय संगतता सिद्ध कीजिए?
- ग्राफ खीचते समय पैमाने का चयन करने में ध्यान रखने योग्य बातों को लिखिए?
- परिवर्ती चाल से गतिमान पिंड के लिए आपको किस आकृति का ग्राफ प्राप्त होने की आशा है?

प्रयोग 33

उद्देश्य

एकसमान त्वरण से गतिमान पिण्ड के लिए दिए गए $(\upsilon - t)$ आंकड़ों के समुच्चय से वेग-समय ग्राफ खींचना तथा गतिमान पिण्ड का त्वरण तथा पिण्ड द्वारा चली गयी दूरी ज्ञात करना।

सिद्धांत

हम जानते हैं कि जब कोई पिण्ड सरल रेखीय गति में समान समय अंतरालों में असमान दूरियाँ तय करता है, तो पिण्ड की गति को असमान गति अथवा त्वरित गति कहा जाता है। इस प्रकार की गतियों में पिण्ड के वेग में समय के साथ परिवर्तन होता है। इसमें विभिन्न क्षणों में गमन पथ के विभिन्न बिन्दुओं पर वेग के विभिन्न मान होते हैं। किसी पिण्ड का त्वरण एकांक समय में पिण्ड के वेग में परिवर्तन की माप होती है। यदि कोई पिण्ड आरंम्भिक (समय 0 पर) वेग u से गति करते हुए समय t में अंतिम वेग υ प्राप्त कर लेता है, तो इसका त्वरण होता है।

चित्र 33.1: *एकसमान त्वरण से गतिशील एक कार का वेग-समय ग्राफ*

$$a = \frac{\upsilon - u}{t} \qquad (1)$$

यदि पिण्ड का त्वरण समय के सभी क्षणों में समान रहता है तो ऐसी गति को एकसमान त्वरित गति कहते हैं। अत: एक समान त्वरित गति का वेग-समय ग्राफ एक सरल रेखा होगी। चित्र 33.1 में समान त्वरण से गतिमान किसी कार का वेग-समय ग्राफ दर्शाया गया है। ग्राफ की प्रकृति यह दर्शाती है कि वेग में समान समय अंतरालों में समान वेग परिवर्तन हो रहा है। अत: कार का वेग समय के अनुक्रमानुपाती है।

पिछले कार्यकलाप में हम यह देख चुके हैं कि दूरी-समय ग्राफ के उपयोग द्वारा एकसमान गति से गतिमान किसी कार के किसी भी क्षण पर वेग को ज्ञात किया जा सकता है। इसी प्रकार किसी पिण्ड का वेग-समय (υ-t) ग्राफ खींचकर उसकी एक समान त्वरित गति का त्वरण ज्ञात किया जा सकता है।

गतिमान पिण्ड का त्वरण ज्ञात करने के लिए υ-t ग्राफ के किसी लघुभाग AE पर विचार कीजिए। x- अक्ष तथा y- अक्ष के समांतर खींची गयी दो रेखाएँ क्रमशः PAD तथा EDC त्रिभुज AED बनाते हुए एक दूसरे से बिन्दु AD पर मिलती हैं। रेखा खण्ड AD समय अंतराल $(t_2 - t_1)$ को दर्शाता है जबकि रेखा खण्ड ED पिण्ड के वेग में υ_1 से υ_2 तक के परिवर्तन अथवा $(\upsilon_2 - \upsilon_1)$ के तद्नुरूपी है। अतः पिण्ड के त्वरण a को इस प्रकार निरूपित किया जा सकता है।

$$a = \frac{\upsilon_2 - \upsilon_1}{t_2 - t_1} = \frac{\text{ED}}{\text{DA}} \qquad (2)$$

इस प्रकार, एक समय त्वरण से गतिमान किसी पिण्ड के लिए दिए गए υ-t आंकड़ों के समुच्चय से पिण्ड का त्वरण परिकलित किया जा सकता है।

किसी गतिमान पिण्ड के वेग-समय ग्राफ द्वारा उस पिण्ड द्वारा चली गयी दूरी भी ज्ञात की जा सकती है। वेग-समय ग्राफ के नीचे के क्षेत्रफल द्वारा पिण्ड द्वारा दिए गए समय अंतराल में चली दूरी प्राप्त होती है। आइए चित्र 33.1 में दिए गए एक समान त्वरित कार के υ-t ग्राफ को देखते हैं। कार द्वारा समय अंतराल $t_2 - t_1$ में चली गयी s दूरी वेग-समय ग्राफ के नीचे के क्षेत्रफल ABCDE द्वारा प्राप्त होगी।

अर्थात्, चली गयी दूरी

s = आयत ABCD का क्षेत्रफल + त्रिभुज ADE का क्षेत्रफल, अथवा

$$= \text{AB} \times \text{BC} + \frac{1}{2}(\text{ED} \times \text{AD})$$

$$s = \upsilon_1 \times (t_2 - t_1) + \frac{1}{2}[(\upsilon_2 - \upsilon_1) \times (t_2 - t_1)] \qquad (3)$$

आवश्यक सामग्री

ग्राफ पेपर

कार्यविधि

1. विभिन्न समयों (t) पर पिण्ड के वेग के दिए गए आंकड़ों की जाँच कीजिए। प्रत्येक राशि के अधिकतम् तथा न्यूनतम् भागों के बीच अंतर ज्ञात कीजिए (ये मान वेग तथा समय के मानों के परिसर हैं।) सारणी 1 में समय के विभिन्न क्षणों पर कार के वेग (m s^{-1} में) दर्शाए गए हैं। इस सारणी में समय के मानों का परिसर 0 से 50 s है जबकि वेग के मानों का परिसर 0 से 100 m s^{-1} के बीच है।

2. एक ग्राफ पेपर लीजिए तथा इस पर x- अक्ष तथा y- अक्ष निरूपित करने के लिए क्रमशः दो लम्बवत् रेखाएं OX तथा OY खींचिए (चित्र 33.1 देखिए)। दोनों अक्षों के अनुदिश लम्बाइयाँ मापिए (अथवा उपलब्ध भागों की संख्या गिनिए। उदाहरण के लिए मान लीजिए जो ग्राफ पेपर आपको दिया गया है

सारणी 1 : एक कार की गति

क्र. सं॰	समय, t (s)	कार का वेग, v (m s^{-1})
1	0	0
2	5	10
3	10	20
4	15	30
5	20	40
6	25	50
7	30	60
8	35	70
9	40	80
10	45	90
11	50	100

x- अक्ष के अनुदिश 15 cm (अथवा एक-एक cm के 15 भाग विभाजन) तथा y- अक्ष के अनुदिश 25 cm (अथवा एक-एक cm के 25 भाग) का है।

3. x- अक्ष के अनुदिश तथा y- अक्ष के अनुदिश दर्शाई जाने वाली राशियों के बारे में निर्णय लीजिए। परिपाटी के अनुसार, समय को x- अक्ष के अनुदिश तथा वेग को y- अक्ष के अनुदिश दर्शाया जाता है।

4. दोनों अक्षों पर उपलब्ध भागों तथा वेग एवं समय के आँकड़ों के दिए गए परिसरों के आधार पर y- अक्ष के अनुदिश वेग को निरूपित करने के लिए एक पैमाना तथा x- अक्ष के अनुदिश समय को निरूपित करने के लिए एक अन्य पैमाना के लिए एक पैमाना चुनिए।

   उदाहरण के लिए, सारणी 1 में दी गई कार की गति के लिए समय 5 = 1 cm; तथा वेग 10 m s^{-1} = 2 cm हो सकता है। (पैमाने का चयन करते समय ग्राफ पेपर के अधिकतम् भाग को उपयोग करने का प्रयास कीजिए।)

5. समय तथा वेग के मानों को संगत अक्षों पर अपने द्वारा चुने गए पैमाने के अनुसार अंकित कीजिए। कार की गति के लिए मूल बिन्दु O से x- अक्ष पर प्रत्येक cm के पश्चात् 5 s, 10 s, 15 s.... अंकित कीजिए तथा y- अक्ष पर मूल बिन्दु O से प्रत्येक 2 cm के पश्चात् वेग 10 m s^{-1}, 20 m s^{-1}, 30 m s^{-1} ..... अंकित कीजिए।

6. अब ग्राफ पेपर पर वेग-समय के दिए गए आंकड़ों के प्रत्येक वेग तथा समय के मानों के समुच्चय को निरूपित करने के लिए बिन्दु अंकित कीजिए।

7. ग्राफ पेपर पर अंकित सभी बिन्दुओं को मिलाइए। यह कार की गति के लिए प्रदान किए गए आंकड़े का v-t ग्राफ है। जाँच कीजिए कि यह एक सरल रेखा है अथवा नहीं। सरल रेखीय ग्राफ यह इंगित करता है कि कार एकसमान त्वरण से गतिमान है।

प्रेक्षण एवं परिकलन

A पिण्ड का त्वरण ज्ञात करना

कार का त्वरण ज्ञात करने के लिए सरल रेखीय ग्राफ पर कोई दो बिन्दु लेकर इनके संगत t तथा v के मान (उपरोक्त सैद्धांतिक भाग में सुझाए अनुसार) ज्ञात कीजिए। सुविधा के लिए ऐसे बिन्दुओं को लेने का सुझाव दिया जाता है जिनके लिए समय तथा वेग के पूर्णांक मान हो। मान लीजिए इन दो बिन्दुओं के निर्देशांक (t_1, v_1,) तथा (t_2, v_2) है। इस समय-अंतराल ($t_2 - t_1$) की अवधि में कार का त्वरण समीकरण (2) द्वारा परिकलित कीजिए:

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

इसी प्रकार, तीन अन्य समयांतरालों पर सरल रेखीय v - t ग्राफ के अन्य बिन्दुओं का चयन करके प्राप्त विभिन्न समुच्चयों के लिए त्वरण ज्ञात कीजिए। द्वारा ज्ञात कीजिए। अपने प्रेक्षणों को तालिकाबद्ध कीजिए।

***(B)** पिण्ड द्वारा चली गयी दूरी ज्ञात करना*

$v - t$ ग्राफ के उपयोग द्वारा कार द्वारा दिए गए समय अंतराल में चली गयी दूरी ज्ञात की जा सकती है। किसी नियत समय अंतराल जैसे 10 s, का चयन कीजिए। सैद्धांतिक भाग में वर्णन की गयी विधि का उपयोग करके

क्रम सं.	ग्राफ पर चयनित पहले बिन्दु पर समय का मान, t_1	ग्राफ पर चयनित दूसरे बिन्दु पर समय का मान, t_2	क्षण t_1 पर वेग, v_1	क्षण t_2 पर वेग, v_2	कार का त्वरण A [समीकरण (2) का उपयोग करके]
	(s)	(s)	(m s^{-1})	(m s^{-1})	(m s^{-2})
1					
2					
3					
4					
5					

समीकरण (3) द्वारा, कार द्वारा पहले 10 s में चली गयी दूरी परिकलित कीजिए। यह कार द्वारा t = o s से 10 s के बीच चली गयी दूरी है। अब यह कार द्वारा अगले 10 s (अर्थात् कार द्वारा t = 10 s से 20 s के बीच) में चली गयी दूरी परिकलित कीजिए। कार द्वारा समय T में समय के विभिन्न क्षणों के बीच चली गयी दूरी ज्ञात कीजिए तथा अपने प्रेक्षणों को सारणीबद्ध कीजिए।

दिए गए समयांतराल में कार द्वारा चली गयी दूरी का परिकलन v - t ग्राफ के नीचे के वर्गों को गिनकर भी किया जा सकता है।

क्रम संख्या	आरम्भिक समय , t_1	अंतिम समय , t_2	समय t_1, पर वेग v_1,	समय t_2, पर वेग v_2	समय, अंतराल $(t_2 - t_1)$ में कार द्वारा चली दूरी समीकरण (3) द्वारा	वर्गों को गिनने पर
	(s)	(s)	(m s^{-1})	(m s^{-1})	(m)	(m)
1	0	T =				
2	T =	$2T$ =				
3	$2T$ =	$3T$ =				
4	$3T$ =	$4T$ =				
5	$4T$ =	$5T$ =				
	0	यात्रा के अंत में समय			कुल दूरी	कुल दूरी

परिणाम एवं परिचर्चा

कार की गति के लिए वेग-समय ग्राफ समय-अक्ष से प्रवणता युक्त सरल रेखा है। यह इंगित करता है कि कार एक समान त्वरण से गतिमान है। वेग-समय ग्राफ अपनी प्रायोगिक पुस्तिका से संलग्न कीजिए।

गतिमान कार का त्वरण (ग्राफ से) = ______ m s^{-2}.

प्रेक्षणों द्वारा चली गई कुल दूरी (ग्राफ द्वारा, परंतु समीकरण (3) का उपयोग करके) = m; तथा
कार द्वारा चली गई कुल दूरी (v - t ग्राफ के नीचे के वर्गों को गिनकर) = ... m

प्रेक्षणों द्वारा यह पाया गया कि विभिन्न समय पर समान समयांतराल में कार द्वारा चली गई दूरियाँ भिन्न-भिन्न हैं। यह दर्शाता है कि कार त्वरित गति में है।

सावधानियाँ

- ग्राफ खींचने के लिए नुकीली पेंसिल का प्रयोग कीजिए।
- कार की गति से संबंधित दो राशियों वेग तथा समय को ग्राफ पेपर पर निरूपित करने के लिए चयनित पैमाना ऐसा होना चाहिए कि ग्राफ के अधिकतम् भाग का उपयोग हो जाए। इससे ग्राफ की अच्छी व्याख्या करने में सहायता मिलेगी।

शिक्षक के लिए

- इस कार्यकलाप को करने से पहले यह, परामर्श दिया जाता है कि कक्षा के सभी छात्र इससे पहले के कार्यकलाप जिसका उद्देश्य "एक समान चाल से गतिमान किसी पिण्ड के लिए दिए गए s तथा t के आंकड़ों के समुच्चय से दूरी-समय (s - t) ग्राफ खींचना तथा पिण्ड की चाल ज्ञात करना" है को पूरा कर लें।
- इस विस्तृत विवरण में कार की गति के लिए वेग-समय आंकड़ों का एक नमूना समुच्चय प्रस्तुत किया गया है। आपको यह सुझाव दिया जाता है कि आप विद्यार्थियों को $v - t$ ग्राफ खींचने, एक समान त्वरण से गतिमान पिण्ड का त्वरण ज्ञात करने तथा विभिन्न समयांतरालों में पिण्ड द्वारा चली दूरियाँ ज्ञात करने के लिए किसी गतिमान पिण्ड के लिए वेग-समय के विभिन्न समुच्चय प्रदान करें।
- ग्राफ पेपर पर समय तथा वेगों के मान निरूपित करने के लिए क्रमशः अक्षों OX तथा OY को खींचते समय बिन्दु O को ग्राफ पेपर के निचले बाएं कोने से ज़रा दूर लेना चाहिए।
- अक्षों पर भौतिक राशियों को उनके उचित मात्रकों सहित इंगित करना चाहिए। ग्राफ पेपर के ऊपरी दाएं कोने पर राशियों के पैमानों को भी उचित प्रकार से व्यक्त करना चाहिए।

अनुप्रयोग

- $v - t$ ग्राफ की प्रवणता गतिमान वस्तु के त्वरण की माप होती है। तथा $v - t$ ग्राफ के नीचे का क्षेत्रफल वस्तु द्वारा चली दूरी प्रदान करता है। विभिन्न गतिमान पिण्डों के लिए बहुत से v - t ग्राफ खींचे जा सकते हैं। इन ग्राफों की प्रवणताओं से इन पिण्डों के त्वरणों की तुलना की जा सकती है। v - t ग्राफ की जितनी अधिक प्रवणता होती है उतना ही अधिक पिण्ड का त्वरण होता है। इसी प्रकार v - t ग्राफ के नीचे जितना अधिक क्षेत्रफल होता है उतनी ही अधिक दूरी पिण्ड द्वारा चली जाती है।
- यहाँ खींचा गया v - t ग्राफ समय-अंतराल के किसी दिए गए परिसर में पिण्ड की चाल को दर्शाता है इस ग्राफ द्वारा आंकड़े में दिए गए समय-अंतराल के परिसर के बाहर भी पिण्ड का वेग (अथवा त्वरण) ज्ञात किया जा सकता है।

प्रश्न

- एक समय वेग से गतिमान किसी पिण्ड के लिए वेग-समय ग्राफ की प्रकृति कैसी होती है? इस ग्राफ की प्रवणता क्या होती है?
- एकसमान अथवा असमान त्वरण से गतिमान किसी पिण्ड के लिए वेग-समय ग्राफ की प्रकृति क्या होती है? इसकी प्रवणताएं कैसी होती हैं?
- जो पिण्ड विराम में है उसके $v-t$ ग्राफ की आकृति कैसी होगी?
- यदि किसी पिण्ड की गति के लिए खींचा गया $v-t$ ग्राफ समय-अक्ष के समांतर है तो इससे आप क्या निष्कर्ष निकालेंगे?
- क्या आप किसी ऐसे वेग-समय ग्राफ की कल्पना कर सकते हैं जो वेग-अक्ष के समांतर हो?
- दो कारें किसी सीधी सड़क पर विभिन्न एकसमान त्वरणों के साथ 15 मिनट तक दौड़ती हैं। अत: इनके $v-t$ ग्राफों की प्रवणताएं भिन्न-भिन्न हैं। कौन सी कार अधिक दूरी तय करेगी?
- इस प्रयोग में ग्राफ पेपर के अधिकतम् भाग का उपयोग करने के लिए सुझाव दिया गया है। क्यों?
- ग्राफ खींचने के लिए पैमाने का चयन करते समय जिन बातों का अनुसरण करना आवश्यक है उन्हें लिखिए?

17/04/18

प्रयोग 34

उद्देश्य

दो कमानीदार तुलाओं का उपयोग करके गति के तीसरे नियम का अध्ययन करना।

सिद्धांत

गति के पहले दो नियम हमें यह बताते हैं कि किस प्रकार कोई अनुप्रयुक्त बल किसी पिण्ड की गति की अवस्था में परिवर्तन करता है तथा हमें बल की माप की विधि भी बताते हैं। गति का तीसरा नियम यह स्पष्ट करता है कि जब कोई पिण्ड किसी अन्य पिण्ड पर बल आरोपित करता है तो दूसरा पिण्ड पहले पिण्ड पर वापस बल आरोपित कर देता है। ये दोनों बल सदैव ही परिमाण में समान परंतु दिशा में विपरीत होते हैं। ये बल विभिन्न पिण्डों पर कार्य करते हैं एक ही पिण्ड पर कदापि कार्य नहीं करते। इन दो विपरीत बलों को क्रिया तथा प्रतिक्रिया बलों द्वारा भी जाना जाता है। आइए दो कमानीदार तुलाओं। तथा B पर विचार करते हैं जो चित्र 34.1 में दर्शाए अनुसार एक दूसरे से जुड़ी हैं। तुला B का अचल सिरा दीवार जैसे किसी दृढ आधार से जुड़ा है। जब कमानीदार तुला A के स्वतंत्र सिरे पर कोई बल आरोपित किया जाता है तो यह प्रेक्षण किया जाता है कि दोनों कमानीदार तुलाएं अपने पैमानों पर समान पाठ्यांक दर्शाती हैं। इसका अर्थ यह है कि तुला B पर तुला A द्वारा आरोपित बल परिणाम में समान परंतु दिशा में तुला B द्वारा तुला A पर आरोपित बल के विपरीत है। कमानीदार तुला A द्वारा कमानीदार तुला B पर आरोपित बल को *क्रिया* कहते हैं तथा तुला B द्वारा तुला A पर आरोपित बल को *प्रतिक्रिया* कहते हैं। इससे हमें गति के तीसरे नियम का एक वैकल्पिक

चित्र 34.1: *क्रिया तथा प्रतिक्रिया बल समान एवं विपरीत होते हैं*

कथन प्राप्त होता है। अर्थात् प्रत्येक क्रिया की समान एवं विपरीत प्रतिक्रिया होती है। तथापि हमें यह याद रखना चाहिए कि क्रिया तथा प्रतिक्रिया सदैव दो भिन्न पिण्डों पर कार्य करती हैं।

आवश्यक सामग्री

दो सर्वसम कमानीदार तुलाएं (0 – 5 N; 0 – 500 g), बाट पेटी, अवितान्य धागा, घर्षणहीन घिरनी (जिसे मेज की कोर पर जड़ा जा सके) तथा ज्ञात द्रव्यमान का एक पलड़ा।

कार्यविधि

1. दोनों कमानीदार तुलाओं का परिसर तथा अल्पतमांक ज्ञात कीजिए।
2. यह सुनिश्चित कीजिए कि दोनों तुलाएं सर्वसम हैं।
3. यह परीक्षण कीजिए कि कमानीदार तुलाएं बल माप सकती हैं अथवा नहीं। यदि दोनों तुलाओं पर बल के मात्रकों के पदों में अंशांकन है तो अच्छा है। यदि ऐसा नहीं है, अर्थात् कमानीदार तुलाओं पर केवल द्रव्यमान के पदों में अंशांकन हैं, तो 'शिक्षक के लिए' शीर्षक में वर्णनानुसार इसे बल के मात्रकों में रूपांतरित करना सीखिए।
4. दोनों तुलाओं को ऊर्ध्वाधरतः पकड़िए तथा यह सुनिश्चित कीजिए कि इसके संकेतक शून्यांक चिह्न पर हैं।

चित्र 34.2: प्रायोगिक व्यवस्था

5. कमानीदार तुलाओं A तथा B, पलड़े तथा घिरनी को अवितान्य धागे की सहायता से चित्र 34.2 में दर्शाए अनुसार व्यवस्थित कीजिए। कमानीदार तुला B दृढ़ आधार से जुड़ी रहनी चाहिए। कमानीदार तुला मेज की ऊपरी चिकनी सतह पर टिकायी जा सकती है जबकि धागे को मेज की ऊपरी सतह को स्पर्श नहीं करना चाहिए। धागे का दूसरा सिरा जो पलड़े से जुड़ा होता है उसे भी मेज को स्पर्श किए बिना मुक्त रूप से लटकना चाहिए।

6. दोनों कमानीदार तुलाओं के पैमानों के पाठ्यांक क्या हैं? क्या ये समान हैं? क्या यह पलड़े के भार (w) [पलडे का द्रव्यमान (m) आपके स्थान पर गुरुत्वीय त्वरण (g)] के बराबर हैं?

7. क्रिया तथा प्रतिक्रिया बलों की पहचान कीजिए। कमानीदार तुला A द्वारा तुला B पर आरोपित बल क्रिया (कमानीदार तुला B का पाठ्यांक) है। तुला A का पाठ्यांक अर्थात् वह बल जो कमानीदार तुला B तुला A पर आरोपित करती है, प्रतिक्रिया को दर्शाता है।

8. पलड़े पर कोई द्रव्यमान M (जैसे 100 g) रखिए। धागे से जुड़ा अब कुल द्रव्यमान ($M + m$) है। दोनों तुलाओं के पाठ्यांकों का प्रेक्षण कीजिए।

9. चरण 8 को पलड़े पर कम-से-कम अन्य पाँच द्रव्यमान रखकर दोहराएं। अपने प्रेक्षणों को सारणीबद्ध कीजिए।

प्रेक्षण एवं परिकलन

(i) दोनों कमानीदार तुलाओं के परिसर = ___ — ___ N or ___ — ___ g

(ii) कमानीदार तुला की अल्पतमांक = ___ — ___ N or___ — ___ g

(iii) आपके स्थान पर गुरुत्वीय त्वरण (g) = ___ m s^{-2}

(iv) पलड़े का द्रव्यमान (दिया हुआ है) m = _____ g = ___ kg

(v) पलड़े का भार $w = m$ (in kg) g = ___ N.

क्रम सं.	पलड़े पर द्रव्यमान, M	कमानीदार तुला A से जुड़ा कुल द्रव्यमान ($M + m$)		कमानीदार तुला A से जुड़ा कुल भार ($M + m$) g	कमानीदार तुला A के पैमाने का पाठ्यांक F_a			कमानीदार तुला B के पैमाने का पाठ्यांक F_B			$F_A - F_B$
	(g)	(g)	(kg)	(N)	(g)	(kg)	(N)	(g)	(kg)	(N)	(N)
1.	0										
2.											
3.											
4.											
5.											

परिणाम एवं परिचर्चा

दोनों कमानीदार तुलाओं के पैमानों पर पाठ्यांक समान हैं। इसका यह अर्थ है कि कमानीदार तुला A द्वारा तुला B पर आरोपित बल, क्रिया बल; प्रतिक्रिया बल (कमानीदार तुला B द्वारा तुला A पर आरोपित बल) के बराबर है। इस प्रकार क्रिया तथा प्रतिक्रिया बल समान तथा विपरीत हैं तथा दो भिन्न पिण्डों पर कार्य करते हैं। यह गति के तीसरे नियम को सत्यापित करता है।

उस प्रकरण में जबकि दोनों कमानीदार तुलाओं के पैमानों पर पाठ्यांक लगभग समान हैं (अर्थात् बिल्कुल समान नहीं हैं) तो कारणों पर परिचर्चा कीजिए।

सावधानियाँ

- दोनों कमानीदार तुलाओं का उपयोग करने से पूर्व यह सुनिश्चित कर लें कि उनके संकेतक शून्यांक चिह्न पर हैं।
- दोनों कमानीदार तुलाओं के पाठ्यांक तभी लेने चाहिए जबकि उनके संकेतक विराम अवस्था में आ जाएं।
- ऐसी कमानीदार तुलाओं का चयन कीजिए जिनके पैमानों का अंशांकन एक समान तथा बराबर दूरियों पर हो।
- प्रयोग में उपयोग किया जाने वाला धागा अवितान्य होना चाहिए। ऐसा न होने पर डोरी में खिंचाव कमानीदार तुला पर आरोपित बल को परिवर्तित कर सकता है।

शिक्षक के लिए

- कमानीदार तुलाओं के उचित उपयोग के लिए यह परामर्श दिया जाता है कि इस प्रयोग को करने से पूर्व छात्रों को कमानीदार तुला के उपयोग के बारे में भलीभाँति प्रशिक्षित किया जाए (प्रयोग 3 तथा 4 देखिए)।
- इस प्रयोग का उद्देश्य गति के तीसरे नियम की व्याख्या करना है। मापन-कौशल को अनावश्यक महत्व देने से बचने के लिए पलड़े के द्रव्यमान का मान बता देने का परामर्श दिया जाता है।
- कमानीदार तुला मुख्यरूप से किसी पिण्ड का भार (बल) मापने के लिए होती है। तथापि, प्रयोगशालाओं में इसका उपयोग प्राय: पिण्डों के द्रव्यमान मापने में किया जाता है। याद रखना चाहिए कि कमानीदार तुला के पैमाने का अंशांकन इसके निर्माण के स्थान पर किया जाता है, अत: यह उस स्थान के गुरुत्वीय त्वरण (g) के मान पर निर्भर करता है। अत: यदि किसी कमानीदार तुला का उपयोग द्रव्यमान मापने के लिए किसी अन्य स्थान पर जहाँ 'g' का मान भिन्न है, किया जाता है तो द्रव्यमान की माप में त्रुटि दृष्टिगोचर होगी। तथापि इस प्रयोग में यदि दोनों कमानीदार तुलाएं सर्वसम हैं, तो यह त्रुटि प्रयोग को प्रभावित नहीं करेगी क्योंकि हम यहाँ कमानीदार तुलाओं का उपयोग गुरुत्वीय बलों की तुलना करने के लिए कर रहे हैं।
- इस प्रयोग में हमारा अभिप्राय गति के तीसरे नियम का अध्ययन करना है जो क्रिया तथा प्रतिक्रिया बलों के बारे में है। अत: यहाँ द्रव्यमानों की अपेक्षा बलों को मापना अधिक महत्वपूर्ण है। अत: ऐसी कमानीदार तुलाओं के उपयोग के लिए परामर्श दिया जाता है जो न्यूटन (N) में भार (बल) को भी मापती हैं। यदि ऐसी कमानीदार तुला उपलब्ध नहीं है तथा छात्र ऐसी

कमानीदार तुलाओं का उपयोग करने के लिए विवश हैं जो केवल द्रव्यमानों के पाठ्यांकों को निर्दिष्ट करती हैं, तो उन्हें द्रव्यमानों की यथार्थ माप लेने का सुझाव दीजिए। फिर द्रव्यमान के पाठ्यांकों को प्रयोग के स्थान पर गुरुत्वीय त्वरण (g) के मान से गुणा करने पर अभीष्ट परिणाम (भार/बल) प्राप्त किए जा सकते हैं।

अनुप्रयोग

अपने दैनिक जीवन से ऐसे कुछ उदाहरण खोजिए जिनमें आप गति के तीसरे नियम के अनुप्रयोग देख सकें। हम सड़क पर कैसे चलते हैं? इस में क्रिया तथा प्रतिक्रिया के युगल को पहचानिए। क्या ये बल लिए गए दोनों पिण्डों में समान त्वरण उत्पन्न करते हैं?

प्रश्न

- रेत पर चलने में हमें कठिनाई क्यों होती है?
- जब कोई घोड़ा किसी ताँगे को खींचता है तो गति के तीसरे नियम के अनुसार ताँगा भी घोड़े को विपरीत दिशा में समान बल लगाकर खींचता है? तब फिर घोड़े-ताँगे का निकाय गति क्यों करता है?
- कमानीदार तुला का अंशांकन द्रव्यमान में है तो यह तुला क्या मापती है – द्रव्यमान अथवा भार?
- किसी कमानीदार तुला का g में अंश शोधन कोलकाता (मान लीजिए) में किया गया है। नई दिल्ली में इस तुला द्वारा मापने पर किसी पिण्ड का द्रव्यमान 60 g है। इस पिण्ड का परिशुद्ध द्रव्यमान क्या है? इस कमानीदार तुला द्वारा उसी पिण्ड का चन्द्रमा के पृष्ठ पर क्या द्रव्यमान दर्शाया जाएगा?
- किसी प्रायोगिक प्रेक्षण में एक अच्छी कमानीदार तुला से किसी पिण्ड का द्रव्यमान मापने पर 495 g पाया जाता है। तथापि, इस पिण्ड का परिशुद्ध द्रव्यमान 500 g था। इस प्रेक्षण का स्पष्टीकरण कैसे किया जा सकता है? क्या यह गति के तीसरे नियम के विरुद्ध जाता है?

प्रयोग 35

उद्देश्य

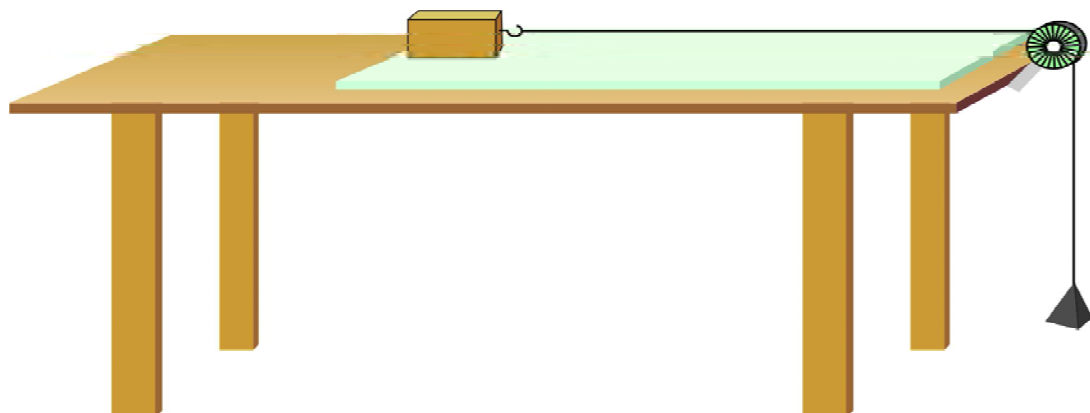
किसी पिण्ड के द्रव्यमान तथा उसके सम्पर्क पृष्ठों की प्रकृति के साथ सीमांत घर्षण में परिवर्तन का अध्ययन करना।

सिद्धांत

जब भी बल आरोपित करने पर कोई पिण्ड किसी अन्य पिण्ड के पृष्ठ पर सरकाया जाता है तो घर्षण बल (अथवा केवल घर्षण) इस गति का विरोध करता है। घर्षण बल, अनुप्रयुक्त बल की दिशा के विपरीत दिशा में कार्य करता है। जैसे-जैसे पिण्ड पर अनुप्रयुक्त बल में वृद्धि होती जाती है वैसे-वैसे ही इस बल को संतुलित करने के लिए घर्षण बल में भी वृद्धि होती जाती है। पिण्ड पर नेट बल शून्य रहता है तथा वह गति नहीं करता। तथापि, घर्षण बल में किसी निश्चित सीमा तक ही वृद्धि हो सकती है। एक बार अनुप्रयुक्त बल में इस सीमा से अधिक वृद्धि होने पर पिण्ड पर एक असंतुलित बल कार्य करता है और वह गति करने लगता है। पिण्ड में गति उत्पन्न होने से तुरंत पहले दो ठोस पृष्ठों के बीच कार्यरत घर्षण बल के अधिकतम् मान को *सीमांत घर्षण बल* (अथवा केवल *सीमांत घर्षण*)कहते हैं।

किसी पिण्ड के द्रव्यमान पर सीमांत घर्षण की निर्भरता का अध्ययन करने के लिए आपको पिण्ड पर अनुप्रयुक्त बल को मापने तथा इस पिण्ड को पृष्ठ पर मात्र गति कराने के लिए आवश्यक बल को ज्ञात करने के लिए किसी व्यवस्था की आवश्यकता होगी। ऐसी ही एक व्यवस्था चित्र 35.1 में दर्शायी गयी है। इस व्यवस्था में डोरी का एक सिरा उस पिण्ड से जुड़ा है जिसे गतिमय बनाना है तथा दूसरा सिरा पलड़े से बाँधा गया है। यह डोरी किसी घर्षण रहित घिरनी से इस प्रकार गुजरती है कि पलड़ा वायु में मुक्त रूप से निलंबित रहे। जब पलड़े पर कोई भार रखते हैं तो डोरी से होकर वस्तु पर क्षैतिज दिशा में बल कार्य करता है। यदि पलड़े पर भार सीमांत घर्षण के बराबर है तो वस्तु सरकना आरम्भ कर देती है। अत:

सीमांत घर्षण = डोरी से होकर आरोपित बल

= (पलड़े का भार + पलड़े पर अतिरिक्त भार) गुरुत्वीय त्वरण (g)

चित्र 35.1: निलंबित पिण्ड के द्रव्यमान में परिवर्तन के साथ सीमांत घर्षण में परिवर्तन का अध्ययन करने के लिए प्रायोगिक व्यवस्था

आवश्यक सामग्री

हुक लगा लकड़ी का गुटका, क्षैतिज पृष्ठ, दो भिन्न ऊपरी समतल पृष्ठ (जैसे काँच की शीट, वुड माइका लगा लकड़ी का समतल पृष्ठ अथवा हार्ड बोर्ड), एक घर्षण रहित घिरनी (जिसे समतल पृष्ठ के किनारे पर जड़ा जा सके), ज्ञात द्रव्यमान का पलड़ा, स्पिरिट लेविल, चिमटी सहित बाट पेटी, कमानीदार तुला, एक डोरी, तथा नियत द्रव्यमान (जैसे 100 g) के 10 भार।

कार्यविधि

1. मेज पर स्वच्छ काँच की शीट रखिए। स्पिरिट लेविल की सहायता से पृष्ठ को क्षैतिज बनाइए। काँच के ऊपरी पृष्ठ को क्षैतिज बनाने के लिए उसके नीचे कागज अथवा गत्ते के टुकड़े धँसा सकते हैं।
2. कमानीदार तुला का अल्पतमांक तथा परिसर ज्ञात कीजिए।
3. हुक लगे लकड़ी के गुटके का द्रव्यमान (M) कमानीदार तुला द्वारा ज्ञात कीजिए।
4. चित्र 35.1 में दर्शाए अनुसार घिरनी को मेज के किनारे से जड़िए।
5. डोरी का एक सिरा पलड़े से तथा दूसरा सिरा गुटके के हुक से बाँधिए।
6. चित्र 35.1 में दर्शाए अनुसार लकड़ी के गुटके को काँच के ऊपरी क्षैतिज पृष्ठ पर रखिए तथा डोरी को घिरनी के ऊपर से गुजारते हुए पलड़े को लटकाइए। यह सुनिश्चित कीजिए कि लकड़ी के गुटके तथा घिरनी के बीच की डोरी का भाग किसी भी स्थान पर मेज के ऊपरी पृष्ठ को न छुए। इसके लिए घिरनी की ऊँचाई इस प्रकार समायोजित कीजिए कि घिरनी के शीर्ष की ऊँचाई लकड़ी के गुटके में लगे हुक के लेविल में हो।
7. बाट पेटी से कोई छोटा द्रव्यमान (p) जैसे 20 g, पलड़े पर रखिए। काँच के पृष्ठ को धीरे-धीरे थपथपाइए और प्रेक्षण कीजिए कि ऐसा करने पर क्या लकड़ी के गुटके में कोई गति उत्पन्न होती है। पलड़े पर चरणों में उस समय तक द्रव्यमान घटाते अथवा बढ़ाते जाइए जब तक कि काँच के ऊपरी पृष्ठ को धीरे-धीरे थपथपाने पर लकड़ी का गुटका काँच के पृष्ठ पर सरकना आरंम्भ नहीं कर देता। पलड़े पर रखे द्रव्यमान को नोट कीजिए।
8. पलड़े से द्रव्यमानों को हटाइए तथा गुटके को उसकी पूर्व स्थिति पर ले जाइए।

9. लकड़ी के गुटके पर कोई द्रव्यमान (q), जैसे 200 g रखिए। पहले की ही भाँति पलड़े पर रखे जाने वाले उस द्रव्यमान को ज्ञात कीजिए जिसे पलड़े पर रखने पर द्रव्यमान (q) सहित लकड़ी का गुटका काँच के पृष्ठ पर सरकना आरम्भ कर देता है। पलड़े पर रखे द्रव्यमान को नोट कीजिए।
10. लकड़ी के गुटके पर विभिन्न द्रव्यमानों को रखकर कार्यकलाप को दोहराइए तथा गुटके को काँच के पृष्ठ पर सरकाने के लिए पलड़े पर रखने के लिए आवश्यक द्रव्यमान नोट कीजिए।
11. मेज पर रखी काँच की ऊपरी शीट को किसी अन्य पृष्ठ जैसे वुडमाइका, हार्ड बोर्ड, आदि से प्रतिस्थापित करके कार्यकलाप के 6 से 10 तक के चरणों को दोहराइए तथा अपने प्रेक्षण नोट कीजिए।

प्रेक्षण एवं परिकलन

दो विभिन्न पृष्ठों के लिए अपने प्रेक्षणों को भिन्न-भिन्न सारणियों में लिखिए।

(i) कमानीदार तुला का परिसर = ______ g

(ii) कमानीदार तुला का अल्पतमांक = ______ g

(iii) हुक सहित लकड़ी के गुटके का द्रव्यमान, M = ______ g

(iv) पलड़े का द्रव्यमान, m (दिया गया है) = ______ g

(v) आपके स्थान पर गुरुत्वीय त्वरण, g = ______ m/s²

सारणी-1 समतल पृष्ठ 1 (काँच) पर लकड़ी के गुटके का सरकना

क्रम सं.	लकड़ी के गुटके पर द्रव्यमान q	लकड़ी के गुटके का कुल द्रव्यमान $= M + q$		काँच के पृष्ठ पर लकड़ी के गुटके को सरकाने के लिए पलड़े पर आवश्यक द्रव्यमान, p	पलड़े का कुल द्रव्यमान $= m + p$		सीमांत घर्षण = पलड़े का कुल भार $= (m + p)g$
	(g)	(g)	(kg)	(g)	(g)	(kg)	(kg m/s²) or (N)
1.	0						
2.							
3.							

सारणी-2 समतल पृष्ठ 2 (वुड माइका अथवा हार्डबोर्ड) पर लकड़ी के गुटके का सरकना

क्रम सं.	लकड़ी के गुटके पर द्रव्यमान q	लकड़ी के गुटके का कुल द्रव्यमान $(M + q)$		माइका के पृष्ठ पर लकड़ी के गुटके को सरकाने के लिए पलड़े पर आवश्यक द्रव्यमान p	पलड़े का कुल द्रव्यमान $(m + p)$		सीमांत घर्षण = पलड़े का कुल भार $= (m + p)g$
	(g)	(g)	(kg)	(g)	(g)	(kg)	(kg m/s²) or (N)
1.							
2.							

17/04/18

परिणाम एवं परिचर्चा

- दिए गए पृष्ठ पर सरकने वाले पिण्ड के भार में वृद्धि के साथ सीमांत घर्षण में वृद्धि हो जाती है।
- सम्पर्क के पृष्ठों की प्रकृति में परिवर्तन होने पर सीमांत घर्षण के मान में परिवर्तन हो जाता है। _________ तथा _________ पृष्ठों के बीच घर्षण, _________ तथा_________ पृष्ठों के बीच घर्षण से अधिक है।

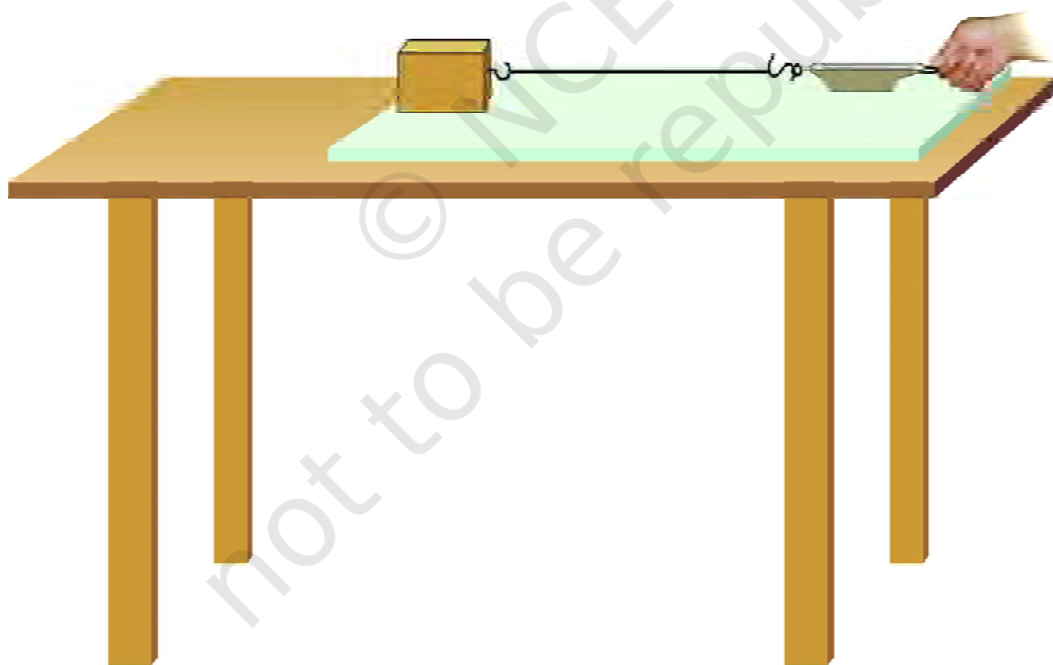
सावधानियाँ एवं त्रुटि के स्रोत

- चूँकि घिरनी पर घर्षण, सीमान्त घर्षण को प्रभावित करता है इसलिए घिरनी यथासंभव चिकनी होनी चाहिए।
- डोरी अवितान्य होनी चाहिए।
- लकड़ी के गुटके तथा घिरनी के बीच का डोरी का भाग क्षैतिज होना चाहिए।
- समतल पृष्ठ तथा लकड़ी के गुटके का सम्पर्क वाला पृष्ठ स्वच्छ तथा शुष्क होना चाहिए।
- पलड़ा डोरी से इस प्रकार बँधा होना चाहिए कि जब इस पर कोई द्रव्यमान नहीं है तब मुक्त रूप से निलम्बन के समय यह क्षैतिज रहे।
- जब पलड़े पर द्रव्यमान बढ़ाया जाए तो क्षैतिज समतल पृष्ठ (काँच, वुड माइका, हार्ड बोर्ड आदि) को यह जानने के लिए कि गुटका गति करता है अथवा नहीं, धीरे-धीरे थपथपाना चाहिए।
- छोटे द्रव्यमानों को पलड़े पर चढ़ाते अथवा उतारते समय चिमटी का उपयोग करना चाहिए। यह सुनिश्चित कीजिए, कि पलड़े के गति करते समय द्रव्यमान नीचे न गिरें।

शिक्षक के लिए

- छात्रों को कमानीदार तुला के उपयोग का अभ्यास कराइए (प्रयोग 3 तथा 4)।
- इस प्रयोग का उद्देश्य सीमांत घर्षण की परिघटना को समझना है। यह परामर्श दिया जाता है कि पलड़े का द्रव्यमान (m) तथा लकड़ी के गुटके के द्रव्यमान (M) को बता दिया जाए।
- डोरी का वह भाग जो लकड़ी के गुटके तथा घिरनी के बीच है, क्षैतिज रहना चाहिए। इसके लिए मेज के एक सिरे पर जड़ी घिरनी की स्थिति को समतल पृष्ठों की मोटाई तथा सरकने वाले लकड़ी के गुटके को ध्यान में रखकर समायोजित करना पड़ सकता है।
- इस प्रयोग के लिए द्रव्यमानों के समुच्चय तथा लकड़ी के गुटके के साइज़ का न्यायसंगत चयन महत्वपूर्ण है। यदि गुटका बहुत हल्का है तो सीमांत घर्षण बल केवल खाली पलड़े के भार से भी कम हो सकता है और ऐसी परिस्थिति में केवल गुटके के लिए प्रेक्षण लेना संभव नहीं हो सकता। इसी प्रकार दिए गए द्रव्यमानों के समुच्चय को गुटके पर रखने पर परिवर्तन द्वारा गुटके का

अधिकतम् द्रव्यमान इतना अधिक नहीं होना चाहिए कि गुटके को सरकाने के लिए पलड़े पर रखने के लिए अत्यधिक द्रव्यमान की आवश्यकता पड़े।

- यदि किसी प्रकरण में घिरनी उपलब्ध न हो अथवा उसे उचित प्रकार से लगाना संभव न हो तो किसी सतह पर गुटके को सरकाने के लिए आवश्यक बल की माप कमानीदार तुला द्वारा की जा सकती है। डोरी का एक सिरा गुटके में लगे हुक से बाँधिए तथा दूसरा सिरा कमानीदार तुला के हुक से बाँधिए। डोरी की लम्बाई इतनी होनी चाहिए कि कमानीदार तुला को मेज़ के एक सिरे पर रखकर लकड़ी के गुटके को मेज़ के दूसरे सिरे पर रखा जा सके (चित्र 35.2)। यहाँ पर भी गुटके पर बल आरोपित करते समय डोरी को क्षैतिज रखना चाहिए। अब कमानीदार तुला को खींचकर गुटके पर थोड़ा बल आरोपित कीजिए। बल को धीरे-धीरे उस समय तक बढ़ाते जाइए जब तक कि गुटका क्षैतिज पृष्ठ पर सरकना आरम्भ नहीं कर देता। ध्यान दीजिए कि कमानीदार तुला गुटके में गति दर्शाने से तुरंत पूर्व अपेक्षाकृत अधिक मान का बल प्रदर्शित करता है। कमानीदार तुला का यह अधिकतम् पाठ्यांक सीमांत घर्षण का मान बताता है। यदि दी गई कमानीदार तुला का अंशांकन न्यूटन में है तो, बल की माप सीधे ही की जा सकती है। परंतु यदि तुला का अंशांकन किलोग्राम अथवा ग्राम में है तो मापे गये मान को गुरुत्वीय त्वरण से गुणा करना होता है।

चित्र 35.2 : सीमांत घर्षण के अध्ययन के लिए एक वैकल्पिक (काम चलाऊ) व्यवस्था

प्रश्न

- इस प्रयोग में घर्षण रहित घिरनी के उपयोग के लिए परामर्श क्यों दिया जाता है?
- इस प्रयोग में यदि खाली पलड़े का भार, आपके द्वारा उपयोग किए जा रहे लकड़ी के गुटके तथा मेज़ के पृष्ठ के बीच सीमांत घर्षण से अधिक हो तो क्या होगा?
- गुटके पर घर्षण बल किस दिशा में कार्य करता है?
- गुटके को गति प्रदान करने वाले धागे को मेज़ के पृष्ठ तथा आपके द्वारा उपयोग किए जा रहे गुटके के सापेक्ष क्षैतिज क्यों रखा जाता है?
- यदि सम्पर्क में आने वाले दो पृष्ठों के बीच ग्रीस अथवा तेल लगा दिया जाए तो सीमांत घर्षण पर क्या प्रभाव पड़ेगा?
- 100 g का कोई गुटका डोरी में xN तनाव होने पर सरकने लगता है। यदि इस गुटके के ऊपर एक अन्य सर्वसम गुटका रख दें तो गुटकों के इस निकाय को सरकाने के लिए डोरी में आवश्यक तनाव कितना होगा?
- उपरोक्त प्रश्न में वर्णित दो गुटकों को संयोजित करके उसी पृष्ठ पर रखा जाता है। अब इन गुटकों को सरकाने के लिए डोरी में आवश्यक तनाव कितना होगा?
- आप किसी बल की माप में सीमांत घर्षण की संकल्पना का उपयोग किस प्रकार करेंगे?
- इस प्रयोग में जैसे ही गुटका पृष्ठ पर सरकने लगता है एक ध्वनि सुनाई देती है। इस ध्वनि के उत्पन्न होने का क्या कारण है? स्पष्ट कीजिए?

प्रयोग 36

उद्देश्य

आर्किमीडीज़ के नियम को सत्यापित करना।

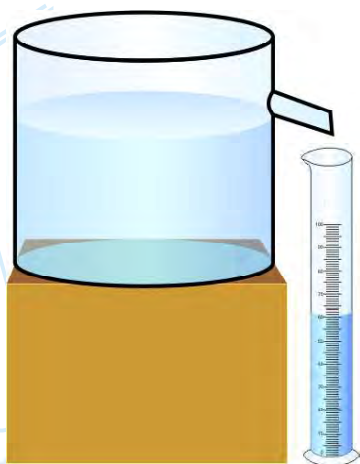
सिद्धांत

आर्किमीडीज़ के नियम, जिसे उत्प्लावनता का नियम भी कहते हैं, के अनुसार किसी शांत तरल में पूर्णत: अथवा अंशत: डूबे पिण्ड पर एक उपरिमुखी (उत्प्लावन) बल कार्य करता है। इस बल का परिमाण विस्थापित तरल के भार के बराबर होता है। विस्थापित तरल का आयतन पिण्ड के डूबे भाग के आयतन के बराबर होता है। इस प्रयोग में हम किसी ठोस पिंड को जल में डुबोकर इस नियम को सत्यापित करने का प्रयास करेंगे।

आवश्यक सामग्री

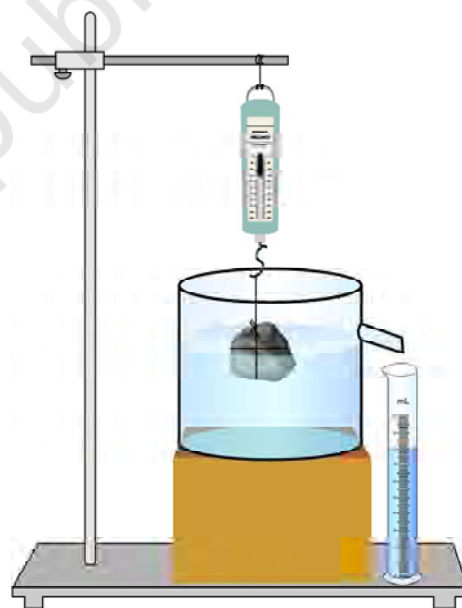
एक आप्लावी बर्तन, एक लकड़ी का गुटका, एक मापक सिलिण्डर (धारिता 100 mL तथा 1 mL अल्पतमांक वाले सिलिण्डर को अधिमानता दें), एक कमानीदार तुला, एक ठोस पिण्ड (कोई पत्थर अथवा धातु का गुटका जिसे सरलता से आप्लावी बर्तन में नीचे गिराया जा सके), प्रयोगशाला-स्टैण्ड तथा एक सिल्क के धागे का टुकड़ा।

कार्यविधि

1. कमानीदार तुला तथा मापक सिलिण्डर का परिसर एवं अल्पतमांक ज्ञात कीजिए। यदि कमानीदार तुला न्यूटन (N) में अंशांकित है तो इसका परिसर एवं अल्पतमांक N में ज्ञात कीजिए।
2. लकड़ी के गुटके पर आप्लावी बर्तन रखकर इसमें उस समय तक जल भरिए जब तक कि इसके वितुंड से जल बहना आरम्भ न हो जाए। वितुंड से आखिरी जल की बूँद गिरने तक प्रतीक्षा कीजिए।

चित्र 36.1 (a) : आप्लावी बर्तन एवं मापक सिलिंडर का समायोजन

ऐसा यह सुनिश्चित करने के लिए किया जाता है कि आप्लावी बर्तन में जल लबालब भर गया है।

3. आप्लावी बर्तन के वितुंड के नीचे जल को एकत्र करने के लिए मापक सिलिण्डर रखिए [चित्र 36.1(a)]।
4. दिए गए ठोस को धागे से बाँधकर इसे कमानीदार तुला के हुक से लटकाइए। कमानीदार तुला को प्रयोगशाला स्टैण्ड में इस प्रकार लगाइए जैसा कि चित्र 36.2(b) में दर्शाए अनुसार ठोस मुक्त रूप से निलम्बित रहे। कमानीदार तुला का पाठ्यांक नोट कीजिए।
5. ठोस को आप्लावी बर्त्तन में भरे जल के भीतर इतना नीचे ले जाइए कि ठोस का कुछ भाग जैसे आधे से कम भाग जल में डूब जाए। ठोस द्वारा विस्थापित जल को आप्लावी बर्तन के वितुण्ड से गिरकर नीचे रखे मापक सिलिण्डर में एकत्र होने दीजिए जैसा चित्र 36.1(c) में दर्शाया गया है। आप्लावी बर्तन से जल की आखिरी बूँद टपकने तक प्रतीक्षा कीजिए। मापक बर्तन में एकत्रित जल का आयतन ज्ञात कीजिए।

चित्र 36.1 (b) : किसी पिंड का वायु में भार मापन

चित्र 36.1 (c) : जल में डूबे हुए पिंड के भार का मापन

6. जब ठोस जल में आंशिक रूप से डूबा हो तथा वितुंड से जल की बूँदों का टपकना रुक जाए तो कमानीदार तुला का पाठ्यांक नोट कीजिए। यह ठोस के उस भार का तदनुरूपी है, जबकि ठोस आंशिक रूप से जल में डूबा है।

7. ठोस को आप्लावी बर्तन के जल में और नीचे ले जाइए (परंतु इसे पूरा मत डुबोइए)। पहले की भाँति मापक सिलिण्डर में विस्थापित जल को एकत्र करके जल का नया आयतन नोट कीजिए। चरण 6 में पहले आपने जिस प्रकार कमानीदार तुला का पाठ्यांक नोट किया था उसी प्रकार अब भी भार ज्ञात कीजिए।
8. अब ठोस को आप्लावी बर्तन के जल में इतना नीचे ले जाइए कि यह पूरा डूब जाए परंतु यह कहीं भी आप्लावी बर्तन की दीवारों अथवा तली को स्पर्श न करे। पहले की भाँति फिर कमानीदार तुला तथा मापक सिलिण्डर में एकत्र हुए जल का पाठ्यांक नोट कीजिए।
9. अपने साथी छात्रों से सामान्य शिष्टाचार बरतते हुए इस प्रयोग को करते समय जो जल मेज पर बिखर गया है उसे पोंछ कर मेज को साफ कीजिए।

प्रेक्षण एवं परिकलन

(i) कमानीदार तुला का परिसर = _____ g = _____ N

(ii) कमानीदार तुला का अल्पतमांक = _____ g = _____ N

(iii) मापक सिलिण्डर का परिसर = _____ mL

(iv) मापक सिलिण्डर का अल्पतमांक = _____ mL

(v) ठोस का वायु में भार, W_o = _____ N

[अथवा W_0 = ठोस का वायु में द्रव्यमान, M_o (kg में) गुरुत्वीय त्वरण g (m/s² में)]

(vi) जल का घनत्व, ρ (दिया है) = _____ g/mL

(vii) गुरुत्वीय त्वरण (g) (आपके स्थान पर) = _____ m/s².

क्रम सं.	जल में ठोस के क्रमागत अधिक आयतन को डुबोते हुए कमानीदार तुला का पाठ्यांक W_1 (or m_1g)	ठोस के भार में तदनुरूपी कमी $W = W_0 - W_1$ या $W = m_og - m_1g$	मापक सिलिण्डर में एकत्रित जल का आयतन V	मापक सिलिण्डर में एकत्रित जल का भार (उत्प्लावन बल) $W_w = V_{Tap}\ \rho\ g$	ठोस के भार में आभासी कमी तथा विस्थापित जल के भार में अंतर $W \sim W_w$
	(N)	(N)	(mL)	(N)	(N)
1.					
2.					
3.					
4.					

परिणाम एवं परिचर्चा

जल में डुबोने पर ठोस के भार में आभासी कमी तथा ठोस द्वारा विस्थापित जल के भार, इन दोनों का अंतर बहुत कम होने के कारण उपेक्षीय (______N) है। प्रत्येक प्रकरण में जल में डूबे हुए ठोस के भार में आभासी कमी प्रेक्षित मान विस्थापित जल के भार के लगभग समान है। इससे आर्किमीडीज़ का नियम सत्यापित होता है।

सावधानियाँ एवं त्रुटि के स्रोत

- मापक सिलिण्डर तथा कमानीदार तुला पर अंशांकन चिह्न समान दूरियों पर होने चाहिए।
- जल में उपस्थित अशुद्धियों के कारण इसके घनत्व में परिवर्तन हो सकता है।
- उपयोग किया जाने वाला ठोस अरंध्री होना चाहिए अन्यथा यह कुछ जल अवशोषित कर लेगा। अवशोषित जल ठोस के भार तथा विस्थापित जल के आयतन में अंतर को प्रभावित कर सकता है।
- ठोस का घनत्व जल के घनत्व से अधिक होना चाहिए ताकि वह जल में डूब जाए।
- मापक सिलिण्डर को क्षैतिज पृष्ठ पर रखना चाहिए तथा विस्थापित जल के आयतन का पाठ्यांक नोट करते समय दृष्टि रेखा को निचली मेनिस्कस के तल में रखना चाहिए।
- मापक सिलिण्डर में जल के मेनिस्कस का पाठ्यांक नोट करते समय यह सुनिश्चित करना चाहिए कि जल के भीतर वायु का कोई बुलबुला न हो।
- कमानीदार तुला का पाठ्यांक इसके संकेतक के विरामावस्था में आने के पश्चात् ही नोट करना चाहिए। यदि कमानीदार तुला में कोई शून्यांक त्रुटि है तो माप लेने से पहले उसे नोट करना चाहिए तथा कमानीदार तुला के उपयोग के समय इसका ध्यान रखना चाहिए।
- इस प्रयोग में उपयोग होने वाला धागा भी कुछ जल अवशोषित कर सकता है।

शिक्षक के लिए

- आगामी प्रयोग 37 "कम-से-कम दो विभिन्न ठोसों को लेकर उन्हें **(i)** टोंटी के जल; **(ii)** अत्यधिक नमकीन जल में पूर्णतः डुबोने पर ठोस के भार में होने वाली आभासी कमी तथा ठोस द्वारा विस्थापित जल के भार के बीच संबंध स्थापित करना" तथा इस प्रयोग के उद्देश्य तथा क्रियाविधि किंचित समान हैं। अतः यह परामर्श दिया जाता है कि छात्रों को इन दो प्रयोगों में से केवल किसी एक को करने के लिए दिया जाए।
- यदि आप्लावी बर्तन उपलब्ध नहीं है तो बड़े साइज का ऐसा बीकर उपयोग कीजिए जिसका कि वितुंड कुछ बड़ा हो।

प्रश्न

- कमानीदार तुला से निलम्बित पत्थर को जल में डुबोने पर तुला का संकेतक ऊपर क्यों उठ जाता है?
- किसी तरल में डूबे किसी पिण्ड पर कार्यरत उत्प्लावन बल किन-किन कारकों पर निर्भर करता है?
- यदि पत्थर को टोंटी के जल के स्थान पर नमकीन जल में डुबोएं तो इसके आभासी भार में कमी पर क्या प्रभाव पड़ेगा?
- किसी आप्लावी बर्तन का उपयोग करते समय बरती जाने वाली दो सावधानियाँ लिखिए?
- कमानीदार तुला से निलम्बित किसी ठोस को जल से भरे आप्लावी बर्तन में धीरे-धीरे डुबोया जाता है। जैसे-जैसे ठोस जल में डूबता जाता है वैसे-वैसे उसके भार में आभासी कमी होने लगती है। इस परिवर्तन के क्या कारण हैं?
- तरल क्या होता है? यह ठोस, द्रव अथवा गैस में किससे भिन्न होता है?

प्रयोग 37

उद्देश्य

कम-से-कम दो विभिन्न ठोसों को लेकर उन्हें (i) टोंटी के जल; (ii) अत्यधिक नमकीन जल में पूर्णत: डुबोने पर ठोस के भार में होने वाली आभासी कमी तथा ठोस द्वारा विस्थापित जल के भार के बीच संबंध स्थापित करना।

सिद्धांत

जब किसी ठोस को जल में डुबोया जाता है तो इसके भार में कुछ कमी होती है। भार में होने वाली यह कमी ठोस द्वारा विस्थापित जल के भार के बराबर होती है। इस प्रयोग में हम दो भिन्न-भिन्न ठोस वस्तुओं को टोंटी के जल में तथा अत्यधिक नमकीन जल में डूबो कर इस संबंध का मूल्यांकन करेंगे।

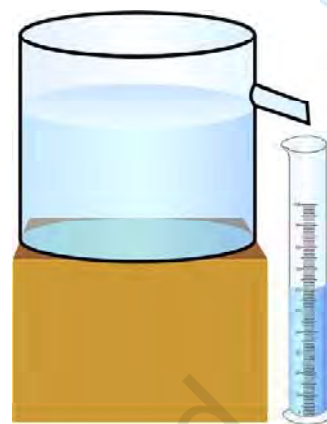
आवश्यक सामग्री

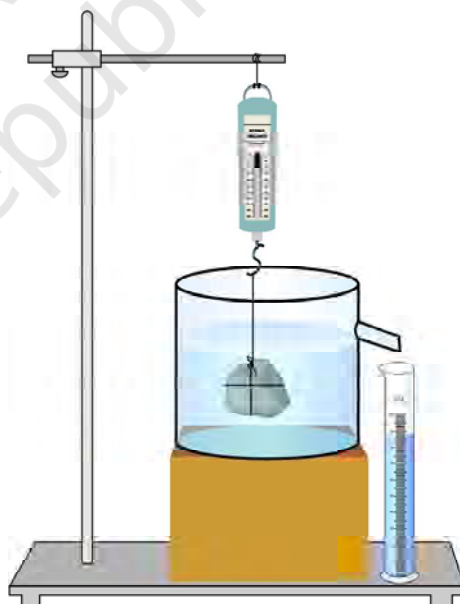
एक आप्लावी बर्तन, एक लकड़ी का गुटका, मापक सिलिण्डर (धारिता 100 mL तथा अल्पतमांक 1 mL वाले सिलिण्डर को अधिमानता या वरीयता दें), एक कमानीदार तुला, दो छोटे भिन्न अरंध्री ठोस पिण्ड, प्रयोगशाला स्टैण्ड, टोंटी का जल, ज्ञात घनत्व का अत्यधिक नमकीन जल, सिल्क का धागा।

कार्यविधि

1. कमानीदार तुला तथा मापक सिलिण्डर का परिसर एवं अल्पतमांक ज्ञात कीजिए।
2. कमानीदार तुला को ऊर्ध्वाधर पकड़कर यह सुनिश्चित कीजिए कि इसका संकेतक शून्यांक पर हो।
3. यहाँ परीक्षण कीजिए कि क्या कमानीदार तुला भार माप सकती है? यदि इसके अंशांकन बल के मात्रकों अर्थात् N के पदों में है तो ठीक है अन्यथा यदि कमानीदार तुला पर केवल द्रव्यमान के पदों

में अंशांकन हैं तो इसे अपने स्थान पर गुरुत्वीय त्वरण के मान से गुणा करके भार में परिवर्तित कर लीजिए।

4. आप्लावी बर्तन लेकर उसे लकड़ी के गुटके पर रखिए तथा इसमें उस समय तक टोंटी का जल भरिए जब तक यह उसके वितुण्ड से बाहर नहीं बहता। जल की आखिरी बूँद के टपकने तक प्रतीक्षा कीजिए। यह सुनिश्चित करता है कि आप्लावी बर्तन जल से लबालब भरा है।
5. दोनों ठोस पिण्डों में से किसी एक को धागे से बाँधकर कमानीदार तुला के हुक से लटकाइए। कमानीदार तुला को प्रयोगशाला स्टैण्ड में इस प्रकार कसिए कि ठोस पिण्ड वायु में मुक्त रूप से लटके। पिण्ड का वायु में द्रव्यमान (m_{1a}) अथवा भार (w_{1a}) मापिए [चित्र 37.1(b)]।
6. आप्लावी बर्तन के वितुण्ड के नीचे जल एकत्र करने के लिए एक खाली मापक सिलिण्डर रखिए [चित्र 37.1 (a)]।

*चित्र 37.1 **(a)** : आप्लावी बर्तन एवं मापक सिलिंडर का समायोजन*

*चित्र 37.1 **(b)** : किसी पिंड का वायु में भार मापन*

*चित्र 37.1 **(c)** : जल में डूबे हुए पिंड का भार मापन*

7. प्रयोगशाला स्टैण्ड (जिससे ठोस पिण्ड सहित कमानीदार तुला कसी है) को टोंटी के जल से भरे आप्लावी बर्तन के ऊपर लाइए। चित्र 37.1(c) में दर्शाए अनुसार ठोस पिण्ड को टोंटी के जल से भरे आप्लावी बर्तन में पूर्णतः डुबोइए।

8. आप्लावी बर्तन में ठोस पिण्ड द्वारा विस्थापित जल को मापक सिलिण्डर में एकत्र कीजिए। आप्लावी बर्तन के वितुण्ड से टपकती जल की बूँदों के रुकने की प्रतीक्षा कीजिए। मापक सिलिण्डर में एकत्रित जल का आयतन V_{tap} नोट कीजिए।
9. ठोस का टोंटी के जल के भीतर द्रव्यमान (m_{1Tap}) अथवा भार (w_{1Tap}) ज्ञात करने के लिए कमानीदार तुला का पाठ्यांक नोट कीजिए। अपने प्रेक्षणों को नोट कीजिए।
10. दूसरे ठोस पिण्ड के लिए क्रियाविधि के तीसरे चरण से अगले चरणों को दोहराइए।
11. समस्त क्रिया विधि को टोंटी के जल के स्थान पर अत्यधिक नमकीन जल के साथ दोहराइए। क्या आप इन पाठ्यांकों में कोई अंतर पाते हैं?

प्रेक्षण एवं परिकलन

(i) कमानीदार तुला का परिसर = __ -- __ N or __ -- __ g

(ii) कमानीदार तुला का अल्पतमांक = __ N or ___ g

(iii) आपके स्थान पर गुरुत्वीय त्वरण (g) = __ m s^{-2}

(iv) अन्य मान

क्रम सं.	ठोस पिण्ड				घनत्व			
	पहला/ दूसरा	वायु के द्रव्यमान m_a		वायु में भार $w_a = m_a\ g$	टोंटी के जल का ρ_{Tap}		अत्यधिक नमकीन जल का ρ_{SSW}	
		(g)	(kg)	(N)	g/mL	kg/m³	g/mL	kg/m³
1.	पहला							
2.	दूसरा							

A. टोंटी के जल के लिए

क्रम सं.	ठोस पिण्ड	कमानीदार तुला का पाठ्यांक जबकि ठोस पिण्ड टोटी के जल में पूर्णतः डूबा है।			ठोस के भार में कमी जबकि वह टोंटी के जल में पूर्णतः डूबा है। W_{STap}	मापक सिलिण्डर में एकत्रित टोंटी के जल का आयतन V_{Tap}		मापक सिलिण्डर में एकत्रित टोंटी के जल का भार $W_{WTap} = V_{Tap}\rho_{Tap}\ g$	टोंटी के जल में ठोस के भार में कमी तथा ठोस द्वारा विस्थापित टोंटी के जल के भार में अंतर $W_{STap} \sim W_{WTap}$
	पहला/ दूसरा	द्रव्यमान		भार W_{Tap}					
		(g)	(kg)	(N)	(N)	(mL)	(m³)	(N)	(N)
1.	पहला								
2.	दूसरा								

परिणाम एवं परिचर्चा

इस प्रयोग में उपयोग किए गए दोनों ठोस पिण्ड जब टोंटी के जल तथा अत्यधिक नमकीन जल में पूर्णतः डुबोए जाते हैं तो इनके भारों में कमी इनके द्वारा विस्थापित जलों के भार के बराबर (अथवा लगभग बराबर) होती है।

B. अत्यधिक नमकीन जल के लिए

क्रम सं.	ठोस पिण्ड	कमानीदार तुला का पाठ्यांक जबकि ठोस पिण्ड अत्यधिक नमकीन जल में पूर्णतः डूबा है।			ठोस के भार में कमी जबकि वह अत्यधिक नमकीन जल में पूर्णतः डूबा है। W_{SSSw}	मापक सिलिण्डर में एकत्रित अत्यधिक नमकीन जल का आयतन V_{SSW}		मापक सिलिण्डर में एकत्रित अत्यधिक नमकीन जल का भार $W_{WSSW} = V_{SSW}\ \rho_{SSW}\ g$	अत्यधिक नमकीन जल में ठोस के भार में कमी तथा ठोस द्वारा विस्थापित अत्यधिक नमकीन जल के भार में अंतर $W_{SSSW} \sim W_{WSSW}$
	पहला/ दूसरा	द्रव्यमान		भार W_{SSSW}					
		(g)	(kg)	(N)	(N)	(mL)	(m^3)	(N)	(N)
1.	पहला								
2.	दूसरा								

परिणाम एवं परिचर्चा

किसी दिए गए ठोस पिण्ड के लिए ठोस द्वारा विस्थापित अत्यधिक नमकीन जल का भार ठोस द्वारा विस्थापित टोंटी के जल के भार से (जबकि दोनों में ही उसे पूर्णतः डुबोया जाता है) अधिक होता है। अतः जिस द्रव में पिण्ड को डुबोया जाता है यदि उसका घनत्व अधिक है, तो उस ठोस द्वारा विस्थापित द्रव का भार अधिक (अथवा ठोस पर लगा उपरिमुखी अथवा उत्प्लावन बल) होगा।

सावधानियाँ एवं त्रुटि के स्रोत

- कमानीदार तुला का उपयोग करने से पहले यह सुनिश्चित करना चाहिए कि इसका संकेतक शून्यांक चिह्न पर है।
- यह सुनिश्चित करना चाहिए कि प्रयोगशाला स्टैण्ड पर कमानीदार तुला ऊर्ध्वाधर लटकी हो।
- ठोस पिण्ड अरंध्र होने चाहिए अन्यथा वे कुछ जल अवशोषित करेंगे। वह ठोस के आभासी भार तथा ठोस द्वारा विस्थापित जल के आयतन में परिवर्तन कर सकता है।
- ठोस पिण्ड का घनत्व नमकीन जल से अधिक होना चाहिए ताकि वह डूब जाए।
- मापक सिलिण्डर को क्षैतिज पृष्ठ पर रखना चाहिए तथा विस्थापित जल का आयतन मापते समय जल की निचली मेनिस्कस तथा दृष्टि रेखा एक ही तल में होनी चाहिए।
- मापक सिलिण्डर में जल की मेनिस्कस का पाठ्यांक लेने से पूर्व यह सुनिश्चित करना चाहिए कि जल के भीतर कोई वायु का बुलबुला न हो।
- कमानीदार तुला का पाठ्यांक केवल तभी लेना चाहिए जबकि उसका संकेतक विरामावस्था में आ जाए। यदि कमानीदार तुला में कोई शून्यांक त्रुटि है तो मापन से पूर्व इसे नोट कर लेना चाहिए तथा कमानीदार तुला का प्रयोग करते समय इसे ध्यान में रखना चाहिए।
- जल में उपस्थित अशुद्धियाँ इसके घनत्व को परिवर्तित कर सकती हैं।
- प्रयोग में उपयोग किया गया धागा भी जल को अवशोषित कर त्रुटि उत्पन्न कर सकता है।

17/04/18

शिक्षक के लिए

- पहले प्रयोग (सं॰ 36) "अर्किमीडीज़ के नियम का सत्यापन करना" तथा इस प्रयोग के लगभग समान उद्देश्य तथा कार्यविधियाँ हैं। अतः यह परामर्श दिया जाता है कि विद्यार्थियों को इनमें से किसी एक प्रयोग को करने के लिए कहा जाए।
- यदि आप्लावी बर्तन उपलब्ध नहीं है तो बड़े वितुंड वाले किसी बड़े बीकर का उपयोग किया जा सकता है।
- विद्यार्थियों को टोंटी का जल तथा अत्यधिक नमकीन जल पृथक-पृथक दिए जाएं। नमकीन जल का घनत्व भी प्रदान किया जा सकता है। यदि नमकीन जल का घनत्व प्रदान नहीं किया गया है तो विद्यार्थियों से किसी ज्ञात आयतन के जल में ज्ञात द्रव्यमान का नमक घोलकर अत्यधिक नमकीन जल बनाकर उसका घनत्व परिकलित करने के लिए कहा जा सकता है।
- ठोस पिण्ड को बाँधने के लिए उपयोग किए जाने वाला धागा भी जल को अवशोषित करके त्रुटि उत्पन्न कर सकता है। अतः यह सुझाव दिया जा सकता है कि इस प्रयोग में सूती धागे के स्थान पर रेशम का धागा उपयोग करें।
- यदि किसी ठोस पिण्ड का घनत्व जल के घनत्व से कम है तो इस प्रयोग को करने के लिए सिंकर का उपयोग किया जा सकता है।

अनुप्रयोग

इस विधि का उपयोग किसी भी द्रव का घनत्व ज्ञात करने के लिए किया जा सकता है।

प्रश्न

- नदी अथवा तरण ताल के जल में तैरने की अपेक्षा समुद्री जल में तैरना क्यों आसान होता है?
- ग्लिसरीन अथवा केरोसिन में से किसमें किसी ठोस के पूर्णतः डुबोने पर भार में अधिक कमी होगी?
- इस प्रयोग को आप ऐसे ठोस के साथ किस प्रकार करेंगे जिसका घनत्व उपयोग में किए गए द्रव के घनत्व से कम हो?
- इस प्रयोग की क्या सीमाएं हैं?
- इस प्रयोग का उपयोग करके आप किसी द्रव का घनत्व कैसे ज्ञात करेंगे?
- जल के स्थान पर ग्लिसरीन को उपयोग करते समय इस प्रयोग को करने में ठोस का चयन आप किस प्रकार करेंगे?

प्रयोग 38

किसी तप्त पिण्ड के शीतलन के लिए ताप-समय ग्राफ आलेखित करना।

सिद्धांत

कोई तप्त पिण्ड ऊष्मीय विकिरणों के रूप में अपने परिवेश में ऊष्मा खोता है। किसी पिण्ड द्वारा ऊष्मा-क्षति की दर पिण्ड तथा उसके परिवेश के तापांतर पर निर्भर करती है।

आवश्यक सामग्री

एक कैलोरीमीटर (500 mL) विलोडक सहित, कैलोरीमीटर का दो छिद्र युक्त ढक्कन, एक तापमापी ($-10\,^\circ C$ — $110\,^\circ C$), एक विराम घड़ी, स्पिरिट लैम्प या गैस बर्नर, तार की जाली सहित त्रिपाद स्टैण्ड, प्रयोगशाला-स्टैंड, जल तथा धागा।

कार्यविधि

1. तापमापी का परिसर तथा अल्पतमांक ज्ञात कीजिए।
2. तापमापी को वायु में ऊर्ध्वाधर पकड़िए तथा कक्ष ताप नोट कीजिए।
3. कैलोरी मीटर में लगभग 300 mL जल लीजिए इसमें विलोडक डालकर इसे दो छिद्रों वाले ढक्कन से ढक दीजिए। चित्र 38.1 में दर्शाए अनुसार ढक्कन से होते हुए तापमापी इस प्रकार लगाइए कि तापमापी का बल्ब जल में डूबा रहे।
4. कैलोरीमीटर को त्रिपाद स्टैण्ड पर रखी तार की जाली पर रखिए और इसे स्पिरिट लैम्प अथवा गैस-बर्नर द्वारा गर्म कीजिए।

चित्र 38.1: एक कैलोरीमीटर में जल को गर्म करना

5. जल को कक्ष ताप (परिवेश का ताप) से लगभग 40 °C अधिक ताप तक गर्म कीजिए। इस ताप तक पहुँचने पर गर्म करना बंद कर दीजिए।

6. विराम घड़ी चालू कीजिए तथा हर निश्चित समय अंतराल के पश्चात तापमापी का पाठ्यांक नोट कीजिए। आरम्भ में प्रत्येक 1 मिनट के अंतराल पर और इसके पश्चात जब ताप कक्ष ताप से लगभग 10 °C अधिक रह जाए तो हर दो मिनट के अंतराल पर तापमापी का पाठ्यांक नोट कर सकते हैं। कैलोरीमीटर के समस्त जल का ताप एकसमान रखने के लिए विलोडक द्वारा धीरे-धीरे तप्त जल को विलोडित करते रहिए।

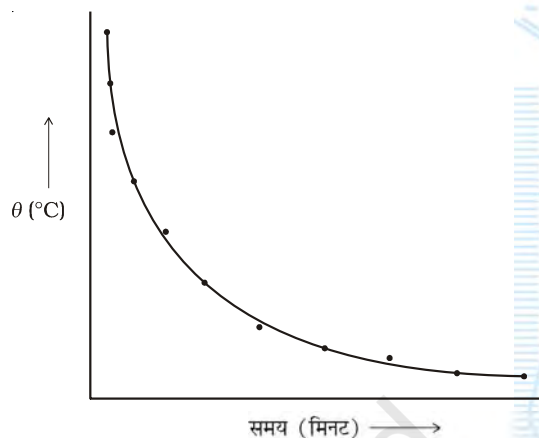
7. कैलोरीमीटर के जल का ताप परिवेश के ताप (कक्ष ताप) से लगभग 5 °C अधिक रह जाने तक ताप नोट करना जारी रखिए।

प्रेक्षण एवं परिकलन

कक्ष ताप (परिवेश का ताप), θ_1 = ___ °C = ___ K.

क्रम सं.	समय, t	जल का ताप, θ_2	तापांतर, θ
	(मिनट)	(°C)	= $\theta_2 - \theta_1$ (°C)
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

ग्राफ

तप्त जल तथा कक्ष के तापांतर θ तथा t समय के मानों के परिवर्तन के परिसर का अध्ययन कीजिए। ताप तथा समय के बीच ग्राफ आलेखित करने के लिए इन राशियों के लिए उचित पैमाने का चयन कीजिए। ग्राफ पेपर पर x- तथा y-अक्ष अंकित कीजिए। y-अक्ष के अनुदिश तापांतर θ तथा x- अक्ष के अनुदिश समय t लीजिए। तापांतर θ के प्रत्येक मान के तद्नरूपी समय t के मान ज्ञात करके इनके बिन्दुओं को ग्राफ पर अंकित कीजिए। सभी बिन्दुओं को यथा संभव निष्कोण (नुकीले किनारों के बिना) वक्र द्वारा जोड़िए। ऐसा हो सकता है कि ग्राफ पर निष्कोण वक्र सभी बिन्दुओं को जोड़ते हुए न निकले। तथापि निष्कोण वक्र को यथासंभव अधिक से अधिक बिन्दुओं से गुजरते हुए खींचना चाहिए। यदि कुछ बिन्दु वक्र के इधर-उधर छूटते हैं तो इसकी चिन्ता मत कीजिए (चित्र 38.2)।

चित्र 38.2: तप्त जल का समय के साथ शीतलन दर्शाता वक्र

परिणाम एवं परिचर्चा

ग्राफ आलेखित करने पर प्राप्त वक्र का अध्ययन कीजिए। ग्राफ से यह निष्कर्ष निकालिए कि जल का शीतलन किस प्रकार जल के ताप तथा कक्ष ताप (परिवेश के ताप) के अंतर पर निर्भर करता है। याद रखिए कि y- अक्ष के लगभग समांतर (अथवा इसी प्रकार का) वक्र यह दर्शाता है कि शीतलन तीव्र है (अर्थात् शीतलन की दर उच्च है)। जबकि x- अक्ष के लगभग समांतर वक्र (अथवा इसी प्रकार का) यह दर्शाता है कि शीतलन मंद है (अर्थात, शीतलन की दर निम्न है)।

सावधानियाँ एवं त्रुटि के स्रोत

- कैलोरीमीटर में गर्म जल का आरम्भिक ताप परिवेश के ताप (कक्ष ताप) से लगभग 40 °C अधिक होना चाहिए।
- प्रयोग के समय कैलोरीमीटर के जल को धीरे-धीरे निरंतर विलोडित करना चाहिए।
- संवहन अथवा वाष्पन द्वारा ऊष्मा क्षय को रोकने (अथवा कम करने) के लिए कैलोरीमीटर को भलीभाँति ढक कर रखना चाहिए।
- ग्राफ आलेखन के लिए पैमाने का चयन इस प्रकार किया जाना चाहिए कि सभी प्रेक्षित मानों को आसानी से समायोजित किया जा सके। वक्र खींचते समय यह प्रयास किया जाना चाहिए कि यह निरंतर तथा निष्कोण होने के साथ-साथ अधिकतम बिन्दुओं से होकर इस प्रकार गुजरे कि शेष बिन्दुओं में से लगभग समान बिन्दु इस वक्र से इधर-उधर रहें। कभी-कभी निष्कोण वक्र ऐसा भी हो सकता है कि लगभग सभी बिन्दु इसके बाहर हों।

शिक्षक के लिए

- कैलोरीमीटर के बाहरी पृष्ठ को काला पोतने पर चालन द्वारा ऊष्मान्क्षय कम हो जाएगा। इसीलिए काले पुते कैलोरीमीटर के उपयोग को वरीयता दी जानी चाहिए।
- यदि कैलोरीमीटर उपलब्ध न हो तो ऐसा बीकर जिसका बाहरी पृष्ठ काला पुता हो, कैलोरीमीटर के स्थान पर उपयोग किया जा सकता है।
- प्रयोग 32 तथा 33 में ग्राफ आलेखित करने के लिए अच्छा अभ्यास प्रदान किया गया है। अतः यह परामर्श दिया जाता है कि विद्यार्थी इन दो प्रयोगों में से कोई एक प्रयोग इस प्रयोग से पहले करें।

प्रश्न

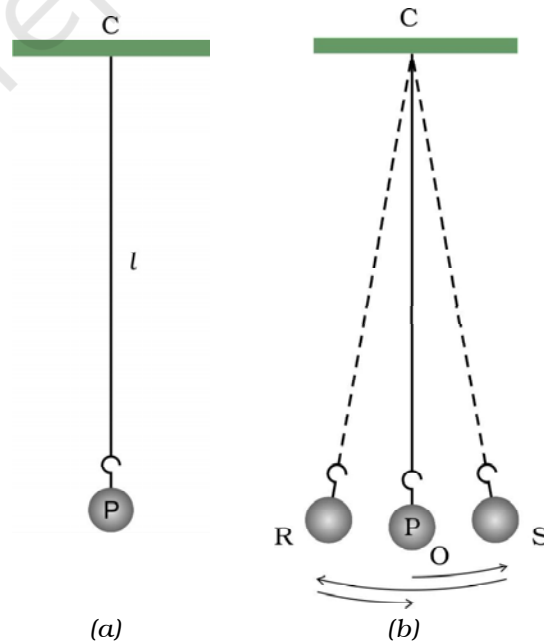
- इस प्रयोग में जब हम दिए गए तप्त जल के ताप का पाठ्यांक लेना आरम्भ करते हैं तो ताप तेजी से क्यों गिरता है?
- प्रयोग करते समय कैलोरीमीटर को ढक कर क्यों रखा जाता है?
- प्रयोग को करते समय इस कैलोरीमीटर को ऊष्मारोधी पृष्ठ पर रखने को वरीयता क्यों देते हैं?
- जब कैलोरीमीटर के जल का ताप कक्ष ताप के निकट पहुँचना आरम्भ करता है तो ताप के गिरने की दर कम क्यों हो जाती है?
- हम ऐसे कैलोरीमीटर के उपयोग को वरीयता क्यों देते हैं जिसका बाहरी पृष्ठ काला पुता हो?
- किसी दिए गए तप्त द्रव के लिए ताप समय ($\theta - t$) ग्राफ समय अक्ष के समांतर होता है। इस प्रकार के ग्राफ से आप क्या निष्कर्ष निकालते हैं? (सावधान: ऐसी परिस्थिति वास्तविक नहीं हो सकती।)
- ऐसे ताप-समय ग्राफ से आप क्या निष्कर्ष निकालेंगे जो ताप-अक्ष के समांतर है?
- इस प्रयोग में आपने यह प्रेक्षण किया होगा कि आरम्भ में तप्त जल का ताप शीघ्रता से गिरता है। परंतु जैसे-जैसे जल का ताप परिवेश के ताप के निकट पहुँचता है ताप का गिरना कम हो जाता है, क्यों?

प्रयोग 39

उद्देश्य

किसी सरल लोलक के आयाम का उसके आवर्त काल पर प्रभाव का अध्ययन करना।

सिद्धांत

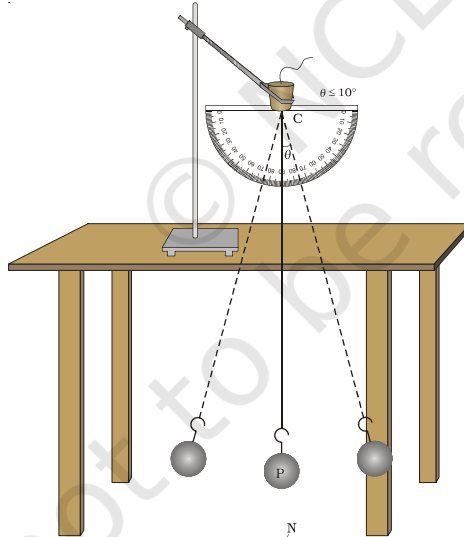
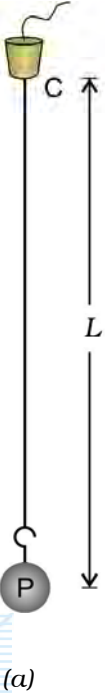
एक सरल लोलक एक छोटे भारी पिण्ड, जिसे गोलक कहते हैं को दृढ़ आधार से किसी हल्के अवितान्य धागे से लटकाने पर बनता है। (चित्र 39.1(a))। जब गोलक P के मुक्त सिरे को एक ओर थोड़ा दूर ले जाकर (जैसे बिन्दु R तक) छोड़ देते हैं तो वह अपनी माध्य स्थिति के सापेक्ष दोलन करना आरम्भ कर देता है [चित्र 39.1(b)]। लोलक द्वारा एक दोलन पूरा करने में लिए गए समय को लोलक का आवर्त काल कहते हैं। लोलक का अपनी माध्य स्थिति से अधिकतम् विचलन (अथवा लोलक की गति की लम्बाई का आधा) लोलक का आयाम कहलाता है। क्या किसी सरल लोलक का आवर्त काल उसके आयाम पर निर्भर करता है? इस प्रयोग में हम इसकी खोज करने का प्रयास करेंगे।

चित्र 39.1: (a) एक सरल लोलक तथा (b) दोलन करते किसी सरल लोलक के गोलक की विभिन्न स्थितियाँ तथा एक पूर्ण दोलन

आवश्यक सामग्री

एक भारी लोहे का स्टैण्ड, एक कॉर्क (बीच से लम्बाई के अनुदिश कटी हुई), लगभग 1.5 m लम्बा अवितान्य धागा, ज्ञात त्रिज्या का धातु का एक गोलक, एक विराम घड़ी, बड़े साइज़ का चाँदा तथा मीटर पैमाना।

कार्यविधि

1. दी गयी विराम घड़ी का अल्पतमांक ज्ञात कीजिए।
2. लगभग 1.5 m लम्बे अवितान्य धागे का एक सिरा गोलक से बाँधिए तथा धागे के दूसरे सिरे को चित्र 39.2(a) में दर्शाए अनुसार दो भागों में बँटी कॉर्क से गुजारिए।
3. कॉर्क को दृढ़तापूर्वक भारी लोहे के स्टैण्ड में कसिए तथा इसे क्षैतिज मेज के किनारे पर रखिए। लोलक को मेज से हटकर लटकना चाहिए जिससे कि वह स्वतंत्रतापूर्वक दोलन कर सके।
4. कॉर्क के ठीक नीचे एक बड़े साइज का चाँदा इस प्रकार लगाइए कि इसकी 0° - 180° रेखा क्षैतिज रहे ताकि ऊर्ध्वाधर लटका लोलक चाँदे की 90° की रेखा के संपाती रहे। यह भी सुनिश्चित कीजिए कि लोलक की विराम स्थिति में चाँदे का केन्द्र लोलक के निलम्बन बिन्दु C के ठीक नीचे रहे [चित्र 39.2(b)]।

चित्र 39.2 : (a) दो भागों में बँटी कॉर्क में दृढ़ किया गया सरल लोलक (b) आयाम में परिवर्तन से लोलक के दोलन काल में होने वाले परिवर्तन का अध्ययन करने के लिए प्रायोगिक व्यवस्था

5. लोलक की प्रभावी लम्बाई l, को किसी वांछित मान (जैसे 1 m) पर समायोजित कीजिए। लोलक की प्रभावी लम्बाई निलम्बन बिन्दु (कटी कॉर्क का निम्नतम् बिन्दु जहाँ से लोलक मुक्त रूप से निलम्बित है।) से गोलक के संहति केन्द्र (जो कि गोल पिण्ड के प्रकरण में उसका ज्यामितीय केन्द्र होता है) तक की लम्बाई होती है। चित्र: 39.2(a). में दर्शाए अनुसार यह लम्बाई CP है। लोलक की प्रभावी लम्बाई को कॉर्क को थोड़ा ढ़ीला करके धागे को ऊपर या नीचे खींचकर कम या अधिक समायोजित किया जा सकता है। सरल लोलक की लम्बाई नोट कीजिए।
6. पृष्ठ पर दो रेखाएं खींचिए जिनमें एक (AB) मेज के किनारे के समांतर हो तथा अन्य (MN) इसके लम्बवत् इस प्रकार हो कि दोनों बिन्दु O पर प्रतिच्छेदन करें [चित्र 39.2(b)]।
7. प्रयोगशाला स्टैण्ड की स्थिति तथा ऊँचाई को इस प्रकार समायोजित कीजिए कि रेखाओं AD तथा MN का प्रतिच्छेदन बिन्दु O, लोलक की विराम अवस्था में गोलक के केन्द्र के ठीक नीचे हो।

8. रेखा AB को, बिन्दु O के दोनों ओर, लगभग 4 cm (मान लीजिए) के बराबर भागों में विभाजित कीजिए।
9. बिन्दु O के ठीक ऊपर गोलक P को धीरे से पकड़िए। धागे को तानित रखते हुए गोलक को रेखा AB पर लोलक की माध्य स्थिति (O) के किसी भी ओर पहले विभाजन बिन्दु OA_1 (अथवा OB_1) तक विस्थापित कीजिए। साथ ही कॉर्क के साथ लगे चाँदे पर गोलक का कोणीय विस्थापन भी नोट कीजिए। गोलक को माध्य स्थिति के परितः दोलन करने के लिए छोड़ दीजिए। दोलित लोलक का क्या आयाम है? यह लोलक का अपनी माध्य स्थिति (बिंदु P अथवा O पर) से अधिकतम् विस्थापन (बिंदु A_1 अथवा B_1 पर) हैं। अतः इस सरल लोलक का आयाम OA_1 (अथवा OB_1) है। आयाम तथा कोणीय विस्थापन का मापन कर सारणी में लिखें।
10. विराम घड़ी की सहायता से लोलक के पर्याप्त दोलनों की संख्या, n (जैसे 10 दोलन) के लिए लगने वाले समय का प्रेक्षण कीजिए। प्रेक्षण तालिका में n दोलनों का समय नोट कीजिए।
11. लोलक को इसकी माध्य स्थिति पर विराम स्थिति में लाइए। गोलक को पहले के विस्थापन की तुलना में दुगुनी दूरी तक विस्थापित कीजिए। लोलक का आयाम तथा कोणीय विस्थापन नोट कीजिए। n दोलनों में लगे समय को मापने के लिए चरण 10 को दोहराइए।
12. आयाम के तीन अन्य मानों (तथा कोणीय विस्थापनों)के लिए चरण 11 को दोहराइए तथा प्रत्येक प्रकरण में n दोलनों का समय नोट कीजिए।
13. प्रत्येक प्रकरण में सरल लोलक का आवर्त काल परिकलित कीजिए।

प्रेक्षण एवं परिकलन

i. विराम घड़ी का अल्पतमांक = ___ s

ii. लोलक का व्यास, d = ___ cm

iii. गोलक की त्रिज्या , $r = d/2$ = ___ cm

iv. [धागे की लम्बाई + हुक की लम्बाई (यदि है] l = ___ cm

v. सरल लोलक की प्रभावी लम्बाई $L (= l + r)$ = ___ cm
= ___ m.

क्रम सं.	लोलक का आयाम	कोणीय विस्थापन	दोलनों की संख्या	n दोलनों में लिया गया समय	आवर्त काल $T = t/n$
	a	θ	n	t	
	(cm)	(°)		(s)	(s)
1.	4				
2.	8				
3.	12				
4.	16				
5.	20				
6.	25				
7.	30				

ग्राफ

किसी नियत प्रभावी लम्बाई L के सरल लोलक के लिए लोलक के आयाम a तथा आवर्तकाल T, के बीच ग्राफ आलेखित कीजिए। आयाम a को y-अक्ष तथा T को x-अक्ष के अनुदिश लीजिए। सभी बिन्दुओं को निष्कोण वक्र द्वारा जोड़िए। प्रेक्षणों के साथ ग्राफ अपनी पुस्तिका में लगाइए।

परिणाम एवं परिचर्चा

प्रेक्षण तालिका तथा ग्राफ से हम सरल लोलक के आयाम तथा आवर्त काल के बीच संबंध के बारे में निष्कर्ष निकाल सकते हैं।

आप यह खोज सकते हैं कि छोटे आयामों (कोणीय विस्थापन, $\theta \leq 10°$, के तद्नरूपी) के लिए आवर्त काल आयाम पर निर्भर नहीं करता। परंतु बड़े आयामों (अथवा बड़े कोणीय विस्थापनों) के लिए लोलक का आवर्त काल आयाम के साथ परिवर्तित हो जाता है।

(लघु आयाम के लिए तो दोलन काल आयाम पर निर्भर नहीं करता परंतु दीर्घ आयाम के लिए क्यों करता है? इस विषय में आप उच्चतर कक्षाओं में अध्ययन करेंगे।)

सावधानियाँ

- सरल लोलक की प्रभावी लम्बाई तथा गोलक का द्रव्यमान सभी मापों के लिए समान रहना चाहिए।
- धागा हल्का, मजबूत तथा अवितान्य होना चाहिए। धागे में विस्तार होने पर लोलक की प्रभावी लम्बाई में वृद्धि हो जाएगी। धागे में कोई ऐंठन अथवा मरोड़ नहीं होने चाहिए।
- लोलक की टेक दृढ़ होनी चाहिए। इसके लिए भारी आधार का प्रायोगिक स्टैण्ड लेना चाहिए।
- दो भागों में कटी कॉर्क को स्टैण्ड में कसते समय उसका निचला फलक क्षैतिज होना चाहिए।
- दोलन करते समय लोलक को मेज के किनारों अथवा नीचे के पृष्ठ को स्पर्श नहीं करना चाहिए।
- गोलक को उसकी विस्थापित स्थिति से बहुत धीरे तथा बिना धक्के के मुक्त किया जाना चाहिए वरना वह सरल रेखा AB के अनुदिश गति नहीं करेगा। यदि आप यह अनुभव करें कि दोलन दीर्घवृत्ताकार है अथवा गोलक चक्रण कर रहा है अथवा गोलक ऊपर नीचे कूद रहा है तो लोलक को रोक कर दुबारा विस्थापित कीजिए।
- प्रयोग के स्थान पर वायु का विक्षोभ नहीं होना चाहिए। यहाँ तक कि प्रेक्षण के समय पंखों को भी बन्द कर देना चाहिए।
- दोलनों की गिनती उस समय आरम्भ करनी चहिए जब दोलायमान लोलक अपनी माध्य स्थिति से गुजर रहा हो।

शिक्षक के लिए

- प्रयोग को सुगम बनाने के लिए गोलक का व्यास अथवा त्रिज्या तथा हुक की लम्बाई विद्यार्थियों को प्रदान की जा सकती है।
- यदि ऐसा प्रतीत होता है कि प्रयोग में काफी समय लग रहा है तो कोणीय विस्थापन की माप को छोड़ा जा सकता है।
- व्यवहार में समय के साथ लोलक के प्रत्येक दोलन में आयाम कम होता जाता है। इस प्रकार लोलक अत्यधिक समय तक दोलन करता नहीं रहेगा। अत: दोलन का आयाम बहुत कम होने से पहले ही लिए गए समय की माप के लिए दोलनों की गिनती करना बन्द कर देना चाहिए। अत: यह परामर्श दिया जाता है कि उन दोलनों की संख्या (n), जिनके लिए समय की माप की जाती है, कम (जैसे $n = 10$) होनी चाहिए।

प्रश्न

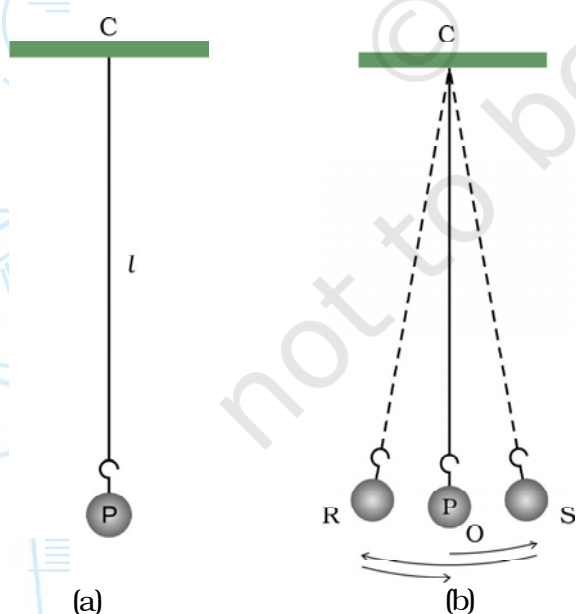
- विवेचना कीजिए कि किसी नियत लम्बाई के लोलक का आवर्त काल दोलन के आयाम में परिवर्तन के साथ किस प्रकार परिवर्तित होता है?
- पर्याप्त आयाम से दोलन करते किसी सरल लोलक का प्रेक्षण कीजिए। क्या इसका आयाम नियत रहता है? 10 दोलनों के पश्चात् अवलोकन की विवेचना कीजिए?
- दो विद्यार्थी इस प्रयोग को दो विभिन्न स्थितियों जैसे क्रमश: (i) विद्यालय प्रयोगशाला में तथा (ii) निर्वात में करते हैं। इनमें से किस विद्यार्थी को अच्छे परिणाम प्राप्त हो सकते हैं? इसकी विवेचना कीजिए?
- जब किसी सरल लोलक को उसकी माध्य स्थिति से विस्थापित करके मुक्त कर दिया जाता है तो वह किस कारण दोलन करता रहता है?
- किसी सरल लोलक के दोलनों के समाप्त होने के लिए उत्तरदायी कारक कौन-कौन से हैं?
- यदि लोलक का गोलक मेज़ के किनारों को स्पर्श करे तो क्या होगा?
- किसी सरल लोलक का आवर्त काल ज्ञात करते समय हम लगभग 10 दोलनों का समय मापने को क्यों वरीयता देते हैं?
- चित्र 39.2(b) का प्रेक्षण कीजिए। वह स्थान निर्धारित कीजिए जहाँ गोलक की चाल अधिकतम् तथा निम्नतम है। इन बिन्दुओं पर लोलक की गतिज तथा स्थितिज ऊर्जाओं की विवेचना भी कीजिए?
- क्या आप ऐसी स्थिति की कल्पना कर सकते हैं जिसमें किसी सरल लोलक का आवर्तकाल अनन्त हो जाता है?

प्रयोग 40

उद्देश्य

सरल लोलक की लम्बाई में परिवर्तन के साथ उसके आवर्त काल में परिवर्तन का अध्ययन करना।

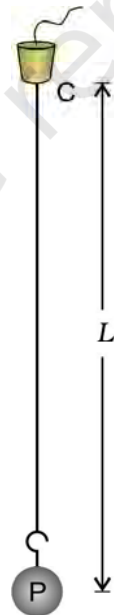
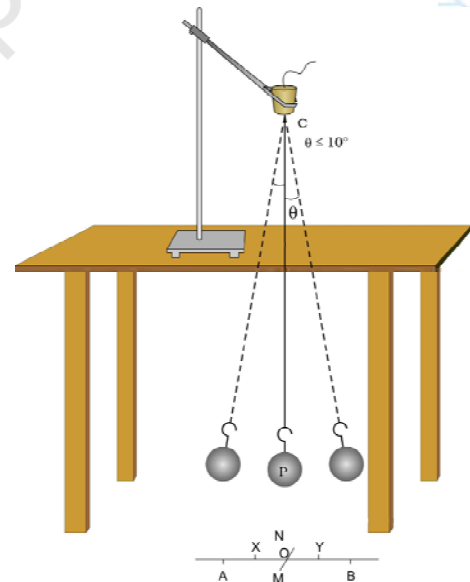
सिद्धांत

एक भारी पिण्ड जिसे गोलक कहते हैं, को दृढ़ आधार से किसी हल्के अवितान्य धागे से लटकाने पर सरल लोलक बनता है [चित्र 40.1(a)]। जब गोलक CP के मुक्त सिरे P को एक ओर (जैसे बिन्दु R तक) थोड़ा दूर ले जाकर छोड़ देते हैं, तो वह अपनी माध्य स्थिति पर दोलन करना आरम्भ कर देता है [चित्र 40.1(b)]। लोलक द्वारा एक दोलन पूरा करने में लिए गए समय को लोलक का आवर्त काल कहते हैं। सरल लोलक का आवर्त काल उसकी लम्बाई पर निर्भर करता है। इस प्रयोग में हम सरल लोलक की लम्बाई तथा उसके आवर्त काल के बीच संबंध स्थापित करने का प्रयास करेंगे।

चित्र 40.1: (a) एक सरल लोलक तथा (b) सरल लोलक के गोलक की दोलन करते समय विभिन्न स्थितियाँ तथा एक पूर्ण दोलन

आवश्यक सामग्री

भारी लोहे का स्टैण्ड, एक कॉर्क (लम्बाई के अनुदिश बीच से कटी हुई), लगभग 1.5 m लम्बा अवितान्य धागा, धातु की ज्ञात त्रिज्या का गोलक, एक विराम घड़ी, बड़े साइज आमाप का चाँदा तथा मीटर पैमाना।

कार्यविधि

1. दी गयी विराम घड़ी का अल्पतमांक ज्ञात कीजिए।
2. लगभग 1.5 m लम्बे अवितान्य धागे का एक सिरा गोलक से बाँधिए तथा धागे के दूसरे सिरे को चित्र 40.2(a) में दर्शाए अनुसार दो भागों में बँटी कॉर्क से गुजारिए।
3. लोहे के भारी स्टैण्ड में कॉर्क को दृढ़ता पूर्वक कसिए तथा इसे क्षैतिज मेज पर रखिए। लोलक मेज से हटकर लटकना चाहिए जिससे वह स्वतंत्रता पूर्वक दोलन कर सके।
4. लोलक की प्रभावी लम्बाई L को किसी वांछित लम्बाई (जैसे 1 m) पर समायोजित कीजिए। लोलक की प्रभावी लम्बाई निलम्बन बिन्दु (कटी कार्क का निम्नतम बिन्दु जहाँ से लोलक मुक्त रूप से निलम्बित है) से गोलक के संहति केन्द्र (जो कि गोल पिण्ड के प्रकरण में उसका ज्यामितीय केन्द्र होता है) तक की लम्बाई होती है। अर्थात् चित्र 40.2(a) में CP लोलक की प्रभावी लम्बाई है। लोलक की इस लम्बाई को कॉर्क को थोड़ा ढ़ीला करके धागे को नीचे (अथवा ऊपर) खींचकर अधिक अथवा कम किया जा सकता है। सरल लोलक की लम्बाई मापिए।
5. पृष्ठ पर दो रेखाएँ खींचिए जिनमें एक (AB) मेज के किनारे के समांतर हो तथा दूसरी (MN) इसके लम्बवत इस प्रकार खींची गयी हो कि दोनों रेखाएँ बिन्दु O पर चित्र 40.2(b) में दर्शाए अनुसार बिंदु O प्रतिच्छेद करें।
6. प्रयोगशाला स्टैण्ड की ऊँचाई तथा स्थिति को इस प्रकार समायोजित कीजिए कि रेखाओं AB तथा MN का प्रतिच्छेदन बिन्दु O, लोलक की विराम अवस्था में गोलक के केन्द्र के ठीक नीचे हो।
7. बिन्दु O के ठीक ऊपर गोलक P को धीरे से पकड़िए। धागे को तानित रखते हुए गोलक को रेखा AB के अनुदिश लोलक की माध्य स्थिति (O) के किसी भी ओर जैसे बिन्दु X अथवा बिन्दु Y तक विस्थापित कीजिए। (गोलक का विस्थापन इसकी माध्य स्थिति O से लगभग 10 cm होना चाहिए ताकि कोणीय विस्थापन 10° से अधिक न हो)। गोलक को मुक्त

चित्र 40.2: *(a) विभक्त कॉर्क में दृढ़ सरल लोलक तथा (b) सरल लोलक की लम्बाई में परिवर्तन के साथ उसके आवर्त काल में परिवर्तन के अध्ययन के लिए प्रयोगिक व्यवस्था।*

कीजिए ताकि वह अपनी माध्य स्थिति के परित: दोलन करना आरम्भ कर दे। लोलक के शीर्ष पर जुड़े चाँदे से गोलक के कोणीय विस्थापन की जाँच भी कीजिए।

8. विराम घड़ी द्वारा दोलनों की पर्याप्त संख्या, n (जैसे 10 दोलन) द्वारा लिये गये समय का प्रेक्षण कीजिए। प्रेक्षण तालिका में n दोलनों में लगे समय को नोट कीजिए।
9. लोलक को उसकी माध्य स्थिति पर विराम अवस्था में लाइए। लोलक की समान लम्बाई L के लिए चरण 7 और 8 को दोहराइए तथा लिए गए समयों को नोट कीजिए।
10. लोलक की प्रभावी लम्बाई के विभिन्न मानों के लिए (या तो आरोही क्रम में अथवा अवरोही क्रम में) कार्यकलाप को कम से कम चार अन्य मानों के लिए दोहराइए तथा अपने प्रेक्षणों को तालिका में नोट कीजिए।

प्रेक्षण एवं परिकलन

(i) विराम घड़ी का अल्पतमांक = ___ s

(ii) गोलक का व्यास, d = ___ cm

(iii) गोलक की त्रिज्या, $r = d/2$ = ___ cm

(iv) दोलनों की संख्या, n = ___

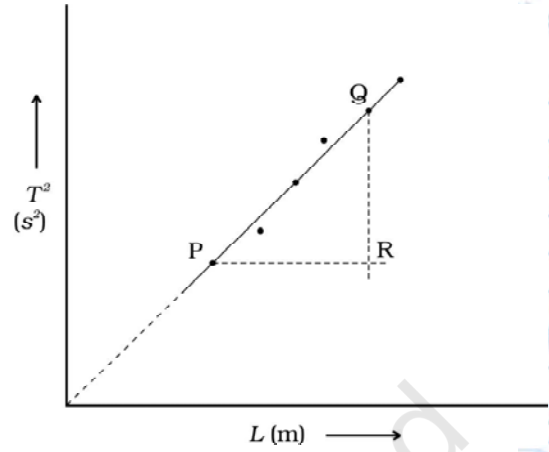
(v) [धागे की लम्बाई + हुक की लम्बाई (यदि कोई है)] l = ___ cm

(vi) सरल लोलक की प्रभावी लम्बाई, L (= $l + r$) = ___ cm

= ___ m.

क्रम सं.	लोलक की प्रभावी लम्बाई L = धागे की लम्बाई + हुक की लम्बाई (यदि कोई है) + गोलक की त्रिज्या, r		n दोलनों में लगा समय t	आवर्त काल $T = t/n$	औसत आवर्त काल T	T^2
	(cm)	(m)	(s)	(s)	(s)	(s^2)
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						

ग्राफ

सरल लोलक की प्रभावी लम्बाई L, तथा औसत आवर्त काल के वर्ग, T^2, के बीच L को x-अक्ष के अनुदिश तथा T^2 को y-अक्ष के अनुदिश लेकर ग्राफ आलेखित कीजिए। आपके द्वारा अंकित बिन्दुओं को जोड़ते हुए एक सरल रेखा इस प्रकार खींचिए कि अधिक से अधिक बिन्दु इस रेखा पर आएं (चित्र 40.3)। कुछ बिन्दु इस रेखा पर न होकर इसके इधर-उधर हो सकते हैं। यह जाँचने के लिए कि प्रेक्षित ग्राफ मूल बिन्दु से गुजरता है अथवा नहीं इस सरल को पीछे की ओर बढ़ाइए।

चित्र 40.3: *L तथा T^2 के बीच ग्राफ*

परिणाम एवं परिचर्चा

लोलक की लम्बाई तथा इसके आवर्तकाल के वर्ग के बीच ग्राफ एक सरल रेखा है। इसका यह अर्थ है कि किसी सरल लोलक का आवर्त काल उसकी लम्बाई के वर्गमूल के अनुक्रमानुपाती होता है।

सावधानियाँ

- उपयोग किया जाने वाला धागा पतला, हल्का, मजबूत तथा अवितान्य होना चाहिए। धागे में कोई विस्तार लोलक की प्रभावी लम्बाई में वृद्धि करेगा। धागे में कोई ऐंठन अथवा मरोड़ नहीं होनी चाहिए।
- लोलक की टेक (प्रयोगशाला स्टैण्ड) दृढ़ होनी चाहिए।
- विभक्त कॉर्क को उसका निचला फलक क्षैतिज रखते हुए स्टैण्ड में कसना चाहिए।
- दोलन करते समय लोलक को मेज़ के किनारे अथवा नीचे के पृष्ठ को नहीं छूना चाहिए।
- गोलक का अपनी माध्य स्थिति से विस्थापन लघु होना चाहिए।
- गोलक को उसकी विस्थापित स्थिति से बहुत धीरे से तथा बिना धक्के के मुक्त किया जाना चाहिए वर्ना वह सरल रेखा AB के अनुदिश गति नहीं करेगा। यदि आप यह पाते हैं कि दोलन दीर्घवृत्तीय है अथवा गोलक चक्रण कर रहा है अथवा ऊपर-नीचे कूद रहा है तो लोलक को रोक कर पुन: विस्थापित कीजिए।
- प्रयोग के स्थान पर वायु का विक्षोम नहीं होना चाहिए। यहाँ तक कि प्रेक्षण लेते समय पंखों को भी बन्द कर देना चाहिए।
- दोलनों की गिनती उस समय आरम्भ करनी चाहिए जब दोलायमान लोलक अपनी माध्य स्थिति से गुजर रहा हो।

शिक्षक के लिए

- प्रयोग को सुगम बनाने के लिए गोलक के व्यास अथवा त्रिज्या तथा हुक की लम्बाई के मान विद्यार्थियों को प्रदान किए जा सकते हैं।
- व्यवहार में समय के साथ लोलक के प्रत्येक दोलन में आयाम कम होता जाता है। इस प्रकार लोलक अत्यधिक समय तक दोलन नहीं करता रहेगा। अत: दोलन का आयाम बहुत कम होने से पूर्व ही समय मापने के लिए दोलनों की गिनती रोक देनी चाहिए। इसलिए यह परामर्श दिया जाता है कि उन दोलनों की संख्या (n) जिनके लिए समय की माप ली जानी है, कम (जैसे $n = 10$) होनी चाहिए।

प्रश्न

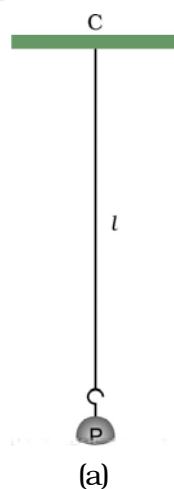
- सरल लोलक की माध्य स्थिति को परिभाषित कीजिए।
- समय के साथ दोलायमान लोलक का आयाम घटता जाता है। इसके लिए उत्तरदायी कारक सुझाइए।
- जब आप किसी लोलक को उसकी माध्य स्थिति से विस्थापित करते हैं और फिर मुक्त कर देते हैं तो यह इधर-उधर गति करने लगता है। ऐसा क्यों होता है? अपने मित्रों अथवा शिक्षक से इस पर चर्चा कीजिए।
- कौन सा लोलक अधिक समय तक दोलन करेगा - जो वायु में दोलन कर रहा है अथवा जो निर्वात में दोलन कर रहा है?
- क्या होगा यदि गोलक मेज़ के किनारे को स्पर्श कर रहा है?
- सरल लोलक के प्रयोग में आयाम छोटा क्यों होना चाहिए?
- लोलक का आवर्त काल ज्ञात करते समय हम लगभग 10 दोलनों का समय मापने को वरीयता क्यों देते हैं?
- चित्र 40.2(b) का प्रेक्षण कीजिए। उन स्थितियों को निश्चित कीजिए जहाँ गोलक की चाल निम्नतम् तथा अधिकतम् है। इन बिन्दुओं पर लोलक की गतिज एवं स्थितिज ऊर्जाओं पर भी परिचर्चा कीजिए?
- लम्बे अथवा छोटे धागे के लोलकों में से किसमें आवर्त काल की माप अधिक परिशुद्ध होगी?
- किसी लोलक की कुल लम्बाई (L) तथा आवर्त काल (T) के बीच ग्राफ की आकृति कैसी होगी?
- क्या आप ऐसी स्थिति की कल्पना कर सकते हैं जिसमें किसी सरल लोलक का आवर्त काल अनन्त हो जाता है?

प्रयोग 41

उद्देश्य

किसी सरल लोलक के आवर्त काल पर उसके गोलक के द्रव्यमान के प्रभाव का अध्ययन करना।

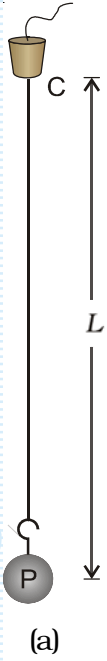
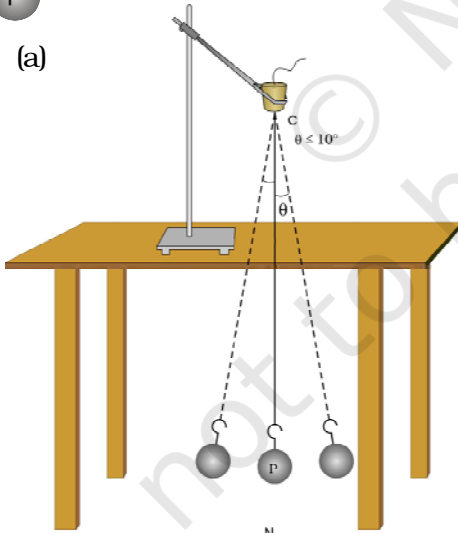
सिद्धांत

सरल लोलक में किसी भारी पिण्ड, जिसे गोलक कहते हैं, को हल्के धागे से बाँधकर नियत तथा मुक्त सिरे P से थोड़ा एक ओर (जैसे बिन्दु R तक) ले जाकर मुक्त कर दिया जाता है तो वह अपनी माध्य स्थिति O के दोनों ओर दोलन करने लगता है [चित्र 41.1 (b)]। लोलक द्वारा एक दोलन पूरा करने में लिया गया समय उसका आवर्त काल कहलाता है। सरल लोलक में दोलनों को बनाए रखने के लिए उत्तरदायी बल प्रत्यानयन बल होता है जिसमें गोलक का द्रव्यमान सम्मिलित होता है। इस प्रयोग में हम सरल लोलक के आवर्त काल पर उसके गोलक के द्रव्यमान के प्रभाव का अध्ययन करेंगे।

चित्र 41.1 : (a) सरल लोलक (b) किसी दोलायमान सरल लोलक के गोलक की विभिन्न स्थितियाँ तथा एक पूर्ण दोलन

आवश्यक सामग्री

लोहे का भारी स्टैण्ड, कॉर्क (लम्बाई के अनुदिश बीच में विभक्त), लगभग 1.5 m लम्बा एक अवितान्य धागा, ज्ञात द्रव्यमान तथा व्यासों के तीन धात्विक गोलक (जिनके द्रव्यमान भिन्न हों), विराम घड़ी, बड़ा चाँदा, तथा मीटर पैमाना।

कार्यविधि

1. दी गयी विराम घड़ी का अल्पतमांक ज्ञात कीजिए।
2. लगभग 1.5 m लम्बे अवितान्य धागे का एक सिरा द्रव्यमान m_1 तथा व्यास d_1 वाले पहले लोलक के धातु के गोलक से बाँधकर इसके दूसरे सिरे को चित्र 41.2(b)की भाँति विभक्त कॉर्क के बीच से गुजारिए।
3. कॉर्क को दृढ़तापूर्वक भारी लोहे के स्टैण्ड में कसिए तथा इसे क्षैतिज मेज पर रखिए। लोलक को मेज़ से हटकर लटकना चाहिए जिससे कि वह स्वतंत्रतापूर्वक दोलन कर सके।
4. लोलक की प्रभावी लम्बाई L, को किसी वांछित लम्बाई (जैसे 1 m). पर समायोजित कीजिए। लोलक की प्रभावी लम्बाई की माप निलम्बन बिन्दु (विभक्त कॉर्क के निम्नतम् बिन्दु जहाँ से गोलक मुक्त रूप से निलंबित है।) से गोलक के संहति केन्द्र (जो कि गोल पिण्ड के प्रकरण में उसका ज्यामितीय केन्द्र होता है।) तक की दूरी होती है अर्थात् चित्र 41.2(a) में यह लम्बाई CP है। लोलक की इस लम्बाई को विभक्त कार्क को थोड़ा ढीला करके धागे को नीचे (अथवा ऊपर) खींचकर अधिक अथवा कम किया जा सकता है। इस प्रयोग में सरल लोलक की लम्बाई नियत रखिए।

चित्र 41.2: (a) एक-दो भागों में विभक्त कॉर्क में लगा सरल लोलक, तथा (b) गोलक के द्रव्यमान में परिवर्तन से सरल लोलक के दोलन काल में होने वाले परिवर्तन का अध्ययन करने के लिए प्रायोगिक व्यवस्था

5. पृष्ठ पर दो रेखाएं खींचिए जिनमें एक (AB) मेज़ के किनारे के समांतर तथा दूसरी (MN) इसके लम्बवत् इस प्रकार खींची गयी हो कि दोनों रेखाएं चित्र [Fig. 41.2(b)] में दर्शाए अनुसार बिन्दु O पर प्रतिच्छेदन करें।
6. प्रयोगशाला स्टैण्ड की स्थिति तथा कॉर्क की ऊँचाई इस प्रकार समायोजित कीजिए कि रेखाओं AB तथा MN का प्रतिच्छेदन बिन्दु O, लोलक की विराम स्थिति में गोलक के केन्द्र के ठीक नीचे हो।
7. बिन्दु O के ठीक ऊपर लोलक के गोलक P को धीरे से पकड़िए तथा धागे को तानित रखते हुए गोलक को रेखा AB के अनुदिश लोलक की माध्य स्थिति के किसी भी ओर जैसे बिन्दु X अथवा बिन्दु Y तक विस्थापित कीजिए (गोलक का विस्थापन लगभग 10 cm होना चाहिए ताकि कोणीय विस्थापन 10° से अधिक न हो।) गोलक को मुक्त कीजिए ताकि वह अपनी माध्य स्थिति पर दोलन करना आरम्भ कर दे। लोलक के शीर्ष पर जुड़े चाँदे से गोलक के कोणीय विस्थापन की जाँच भी कीजिए।

8. विराम घड़ी द्वारा दोलनों की पर्याप्त संख्या n (जैसे 10 दोलन) में लगे समय का प्रेक्षण कीजिए। प्रेक्षण तालिका में n दोलनों द्वारा लिया गया समय नोट कीजिए।
9. लोलक को उसकी माध्य स्थिति पर विराम अवस्था में लाइए। समान धात्विक गोलक के लिए चरण 8 को फिर से दोहराइए। n दोलनों का कुल समय नोट कीजिए।
10. लोलक के धात्विक गोलक को ज्ञात द्रव्यमान (m_2) एवं व्यास (d_2) के किसी अन्य धात्विक गोले द्वारा प्रतिस्थापित कीजिए। चरण 4 में दी गयी विधि द्वारा सरल लोलक की कुल लम्बाई L समान रखते हुए समायोजित कीजिए। n दोलनों को पूर्ण करने में लगे समय को नोट करने के लिए पुनः चरण 8 तथा 9 को दोहराइए।
11. दिए गए तीसरे धात्विक गोलक के लिए चरण 10 को दोहराइए।

प्रेक्षण एवं परिकलन

(i) विराम घड़ी का अल्पतमांक = ___ s

(ii) दिए गए तीन धात्विक गोलकों का विशिष्ट विवरण:

गोलक	द्रव्यमान m (g)	व्यास d (cm)	त्रिज्या r (cm)	गोलक से जुड़े हुक की लम्बाई h (cm)
पहला	m_1 =	d_1 =	r_1 =	h_1 =
दूसरा	m_2 =	d_2 =	r_2 =	h_2 =
तीसरा	m_3 =	d_3 =	r_3 =	h_3 =

(iii) सरल लोलक की कुल लम्बाई, L = धागे की लम्बाई + $r + h$ = ___ cm = ___ m

(iv) दोलनों की संख्या, n = ___ .

क्रम सं.	गोलक का द्रव्यमान m	धागे की लम्बाई l	लोलक की कुल लम्बाई $= l + r + h$	n दोलनों का समय t	आवर्त काल $T = t/n$	औसत आवर्त काल
	(g)	(cm)	(cm)	(s)	(s)	(s)
1.	m_1	__	L	__	__	__
2.			L	__	__	
3.	m_2	__	L	__	__	__
4.			L	__	__	
5.	m_3	__	L	__	__	__
6.			L	__	__	

परिणाम एवं परिचर्चा

प्रेक्षणों के आधार पर सरल लोलक के गोलक के द्रव्यमान का उसके आवर्त काल पर प्रभाव के विषय में निष्कर्ष निकालिए। आप यह देख सकते हैं कि सरल लोलक का आवर्त काल उसके गोलक के द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता (इस स्वतंत्रता के विषय में विस्तार से आप उच्च कक्षाओं में अध्ययन करेंगे।)

सावधानियाँ

- समस्त प्रयोग में लोलक की कुल लम्बाई समान रहनी चाहिए।
- उपयोग किया गया धागा मजबूत तथा अवितान्य होना चाहिए। धागे में कोई विस्तार (जो गोलक के द्रव्यमान पर निर्भर होता है।) लोलक की प्रभावी लम्बाई में वृद्धि करेगा। धागे में कोई ऐंठन अथवा मरोड़ नहीं होनी चाहिए।
- लोलक की टेक (प्रयोगशाला स्टैण्ड) दृढ़ होनी चाहिए।
- विभक्त कॉर्क को स्टैण्ड में कसते समय इसका निचला फलक क्षैतिज होना चाहिए।
- दोलन करते समय लोलक मेज़ के किनारे अथवा नीचे के पृष्ठ से स्पर्श नहीं करना चाहिए।
- गोलक का उसकी माध्य स्थिति से विस्थापन लघु होना चाहिए।
- गोलक को इसकी विस्थापित स्थिति से धीरे से बिना किसी झटके के मुक्त करना चाहिए अन्यथा यह सरल रेखा AB के अनुदिश गमन नहीं करेगा। यदि आप यह पाएं कि दोलन दीर्घ वृत्ताकार हैं अथवा गोलक चक्रण कर रहा है तो लोलक को रोककर इसे पुन: विस्थापित कीजिए।
- प्रयोग के स्थान पर वायु का कोई विक्षोभ नहीं होना चाहिए। अत: प्रेक्षण के समय सभी पंखे बन्द कर देने चाहिए।
- दोलन करते समय जब लोलक का गोलक अपनी माध्य स्थिति से गुजरे तभी से दोलनों की गिनती करना आरम्भ करना चाहिए।

शिक्षक के लिए

- मापन कौशल के अनावश्यक महत्व से बचने के लिए लोलक के गोलक का व्यास अथवा त्रिज्या, उसके हुक की लम्बाई तथा उसका द्रव्यमान विद्यार्थियों को प्रदान किया जा सकता है। धातु के सभी गोलकों का एक ही धातु से बना होना आवश्यक नहीं है। ये धातुएँ भिन्न हो सकती हैं।
- व्यवहार में समय के साथ लोलक के प्रत्येक क्रमागत दोलन में आयाम घटता जाता है। इस प्रकार लोलक अत्यधिक समय तक दोलन नहीं करता रहेगा। अत: दोलन का आयाम बहुत कम होने से पूर्व ही समय मापने के लिए दोलनों की गिनती रोक देनी चाहिए। इसलिए यह परामर्श दिया जाता है कि समय की माप किए जाने वाले दोलनों की संख्या n कम (जैसे $n = 10$) होनी चाहिए।
- धातु के गोलकों के द्रव्यमान अत्यधिक नहीं होने चाहिए अन्यथा धागा टूट सकता है। इसके

अतिरिक्त दोलन करते लोलक का आयाम अति शीघ्र समाप्त (लोलक के निलम्बन बिन्दु पर घर्षण के कारण!) हो सकता है।

- प्रयोग की समस्त अवधि में लोलक की नियत लम्बाई सुनिश्चित करना काफी कठिन है। लोलक के गोलक के रूप में कोई छोटी खोखली गेंद ली जा सकती है जिसे विभिन्न पदार्थों से भरकर उसका द्रव्यमान परिवर्तित किया जा सकता है।

प्रश्न

- क्या किसी सरल लोलक का आवर्तकाल उसके गोलक के द्रव्यमान पर निर्भर करता है?
- क्या किसी सरल लोलक का आवर्तकाल उसके गोलक के साइज पर निर्भर करता है? क्या यह गोलक की आकृति पर निर्भर करता है?
- आपको दो सरल लोलक दिए गए हैं जिनकी लम्बाई समान है परन्तु द्रव्यमान भिन्न हैं। ये दोनों सरल लोलक समान दूरी तक विस्थापित करके माध्य स्थिति पर दोलन करने के लिए मुक्त कर दिए जाते हैं। यदि वायु का प्रतिरोध दोनों लोलकों पर समान है तो इनके आवर्त कालों की तुलना कीजिए?

प्रयोग 42

उद्देश्य

तानित डोरी से संचरण करते किसी अनुप्रस्थ स्पन्द की चाल ज्ञात करना।

सिद्धांत

किसी माध्यम में अल्प समय में समाप्त होने वाले लघु विक्षोभ को स्पन्द कहते हैं। किसी स्पन्द की गति का प्रेक्षण लम्बी तानित डोरी अथवा तानित स्लिन्की पर किया जा सकता है। किसी स्पन्द का वर्गीकरण उसके द्वारा माध्यम में उत्पन्न विक्षोभ की दिशा द्वारा किया जाता है। अनुप्रस्थ स्पन्द ऐसा विक्षोभ होता है जो किसी माध्यम को स्पन्द के गमन की दिशा के लम्बवत गति कराता है। यदि विक्षोभ स्पन्द के गमन की दिशा में है, तो स्पन्द अनुदैर्ध्य होता है।

किसी अनुप्रस्थ स्पन्द की गति का प्रेक्षण किसी एक सिरे पर बँधी लम्बी तानित डोरी पर किया जा सकता है। डोरी के एक सिरे पर झटका देकर उत्पन्न किया गया कूबड़ अनुप्रस्थ स्पन्द का एक उदाहरण है। हाथ से पकड़ी किसी डोरी के सिरे पर यकायक उत्पन्न किया गया स्पन्द डोरी के अनुदिश गति करते हुए दूसरे सिरे पर पहुँचकर समाप्त हो जाता है। तथापि, यदि डोरी दोनों सिरों पर बँधी हो तो स्पन्द समाप्त होने से पूर्व इसके सिरों से कई बार परावर्तित हो सकता है [चित्र 42.1(a-g)]। डोरी की ज्ञात लम्बाई l तय करने में स्पन्द द्वारा लिए गये समय t को मापकर, डोरी के अनुदिश स्पन्द की चाल (v) ज्ञात की जा सकती है। अर्थात्

$$v = \frac{l}{T}$$

आवश्यक सामग्री

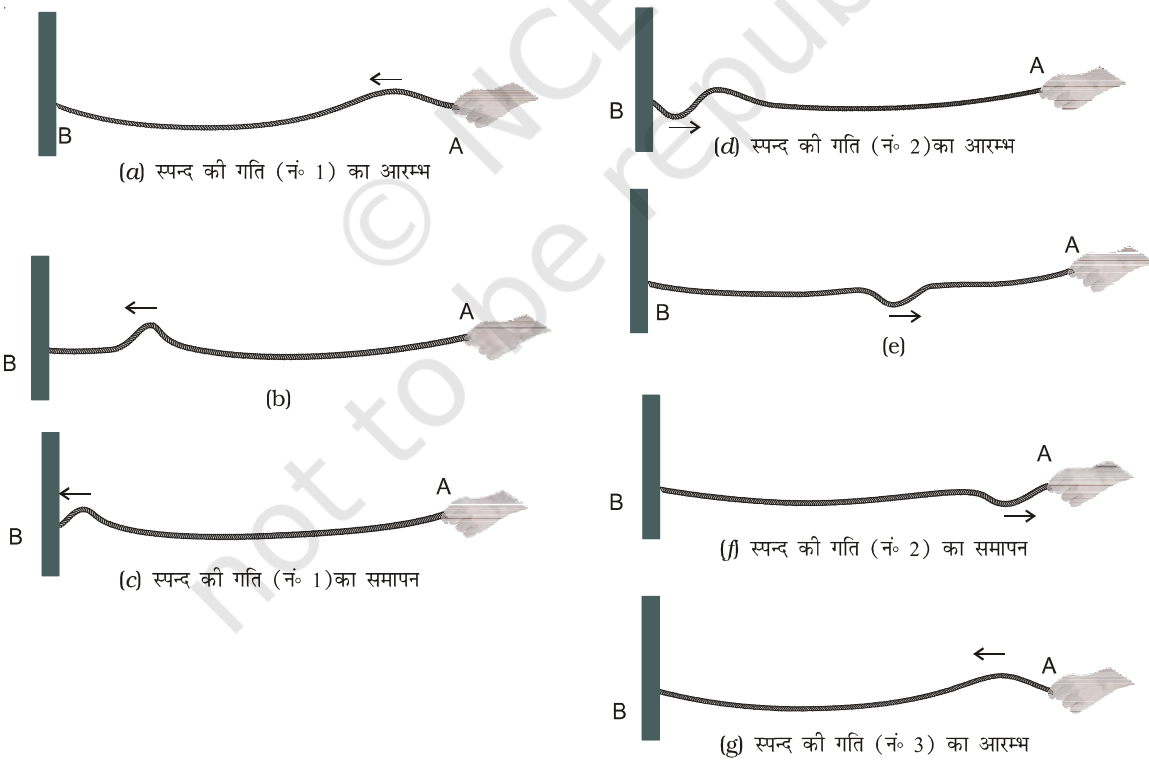
लगभग 0.5 cm व्यास की 10 m लम्बी कसकर बुनी एक सूती डोरी, विराम घड़ी तथा मीटर पैमाना।

कार्यविधि

1. विराम घड़ी का अल्पतमांक ज्ञात कीजिए।

2. कसकर बुनी सूती डोरी (जैसी रस्सी कूदने के खेल में उपयोग होती है) का एक सिरा दरवाजे की हत्थी अथवा खिड़की की ग्रिल अथवा दीवार में लगी खूँटी से बाँधिए। डोरी की ज्ञात लम्बाई (l_1) को डोरी के दूसरे सिरे को कसकर पकड़िए और थोड़ी ढ़ील रखते हुए तानिए। डोरी के इस सिरे को भी किसी अन्य दरवाजे की हत्थी अथवा खूँटी से बाँधा जा सकता है। डोरी में अपने भार के कारण बीच में झोल पड़ सकती है। तथापि थोड़े से झोल से आपके प्रेक्षणों पर कोई प्रभाव नहीं पड़ेगा।

3. स्पन्द उत्पन्न करने के लिए डोरी के एक सिरे पर एक लघु क्षैतिज अनुप्रस्थ झटका दीजिए। स्पन्द को डोरी के अनुदिश गमन करने दीजिए। डोरी में ऐसा एकल स्पन्द उत्पन्न करने के लिए, जो डोरी के अनुदिश निर्विघ्न गमन कर सके अभ्यास की आवश्यकता होगी।

4. डोरी के अनुदिश गमन करते स्पन्द का प्रेक्षण कीजिए और यह नोट कीजिए कि जब स्पन्द डोरी के

चित्र 42.1(a-g): *सिरों पर बँधी डोरी में, स्पन्द समाप्त होने से पूर्व कई बार इधर-उधर गमन करता है*

दूसरे सिरे पर पहुँचता है तो क्या होता है। क्या यह परावर्तन के पश्चात वापस लौटता है? क्या यही परिघटना उस सिरे पर भी होती है जिस पर स्पन्द उत्पन्न किया गया था?

5. तानित डोरी के एक सिरे को पकड़कर स्पन्द उत्पन्न करने के लिए एक झटका दीजिए। जैसे ही आप तानित डोरी को झटका दें वैसे ही अपने मित्र को विराम घड़ी चालू करने के लिए कहिए। स्पन्द द्वारा दो सिरों के बीच डोरी की समस्त लम्बाई के अनुदिश n यात्राएं करने में लगा समय मापिए [चित्र 42.1 (a-g)]। यह तब ही संभव है जब स्पन्द समाप्त होने से पूर्व डोरी के अनुदिश इधर-उधर कई बार गमन करे। विराम घड़ी का चालू करना तथा बन्द करना स्पन्द के उत्पन्न होने तथा स्पन्द के उस बिन्दु तक पहुँचने जहाँ तक माप ली जानी है, के समक्षणिक होना चाहिए। स्पन्द डोरी की समस्त लम्बाई को कितनी बार तय करता है इसकी गिनती करने में भी सावधानी बरतनी चाहिए।

6. दो सिरे जहाँ पर डोरी बँधी है के बीच की दूरी में परिवर्तन करके उसी डोरी की विभिन्न लम्बाइयाँ (जैसे l_2, l_3 आदि) लेकर प्रयोग को दोहराइए। स्पन्द द्वारा डोरी की विभिन्न लम्बाईयों की n यात्राएं पूरी करने में लगा समय नोट कीजिए।

प्रेक्षण एवं परिकलन

i. विराम घड़ी का अल्पतमांक = _____ s

क्रम सं.	दो सिरों की बीच डोरी की लम्बाई	स्पन्द द्वारा n यात्राएं करने में लगा समय	स्पन्द द्वारा एक यात्रा पूरी करने का समय	डोरी में स्पन्द की चाल
	l	t	T (= t/n)	$v = l/T$
	(m)	(s)	(s)	(m/s)
1.	l_1 =			v_1 =
2.	l_2 =			v_2 =
3.	l_3 =			v_3 =

परिणाम एवं परिचर्चा

डोरी की विभिन्न लम्बाइयों पर स्पन्द की चाल तालिका में दी गयी है। इस प्रयोग में कदाचित आपने डोरी की विभिन्न लम्बाईयों के लिए अनुप्रस्थ स्पन्द की चालों के विभिन्न मान प्राप्त किए हैं। अपने शिक्षक तथा मित्रों से डोरी में स्पन्द की चाल को प्रभावित करने वाले कारकों के नाम लिखकर उन पर चर्चा कीजिए।

सावधानियाँ

- दोनों सिरों पर बँधे होने पर डोरी अत्यधिक तनी हुई नहीं होनी चाहिए। उच्च तनाव की अवस्था में स्पन्द का वेग अत्यधिक होने के कारण इसके गमन के समय का प्रेक्षण करना कठिन होगा। डोरी के भार के कारण पड़ने वाले कुछ झोल से डोरी में स्पन्द उत्पन्न करने तथा उसकी गति का प्रेक्षण करने में सहायता मिलेगी।
- डोरी को किसी दृढ़ पृष्ठ पर (इसके सम्पर्क में) नहीं रखना चाहिए क्योंकि ऐसी स्थिति में स्पन्द अतिशीघ्र समाप्त हो जाएगा तथा प्रेक्षण में कठिनाई होगी।
- यह सुनिश्चित करना चाहिए कि तानित डोरी के दो सिरों के अतिरिक्त इसका अन्य कोई भी भाग किसी पृष्ठ से स्पर्श नहीं करना चाहिए। क्यों?
- डोरी की प्रयुक्त लम्बाई में कोई गाँठ अथवा ऐंठन नहीं होनी चाहिए।
- स्पन्द की यात्राओं की गिनती शून्य से आरम्भ करनी चाहिए (एक से नहीं)। अर्थात् स्पन्द उत्पन्न करना तथा विराम घड़ी चालू करना समक्षणिक होना चाहिए।
- ऐसा प्रयास किया जाना चाहिए कि स्पन्द का आयाम काफी अधिक रहे ताकि डोरी के स्थिर सिरों से इसका कई बार परावर्तन हो सके।

शिक्षक के लिए

- इस प्रयोग को करने के लिए काफी अभ्यास आवश्यक है अतः इसे दो या तीन विद्यार्थियों के समूह में करना चाहिए।
- सूती डोरी के स्थान पर जूट, प्लास्टिक अथवा किसी अन्य पदार्थ की रस्सी का उपयोग भी किया जा सकता है।
- इस प्रयोग को करने के लिए किसी हॉल अथवा गैलरी को वरीयता दी जानी चाहिए।
- इस प्रयोग में स्पन्द की चाल विभिन्न लम्बाइयों के लिए परिवर्तित होती है। यह सुझाव दिया tkrk gSfd fo|kFkhZ viusi{k.kdh iqjko`fÙk Mksjh dh leku yEckbZ tSls l_1 के लिए करें। कदाचित उन्हें स्पन्द की चाल के विभिन्न मान प्राप्त होंगे। विद्यार्थियों को इसका कारण ज्ञात करने के लिए प्रोत्साहित कीजिए।
- यह सुझाव दिया जाता है कि इस प्रयोग को ऐसे स्थान पर किया जाए जहाँ पर बाह्य प्रभाव (जैसे तेज वायु) कम से कम हों। प्रयोग करते समय पंखे बन्द कर दीजिए।
- यह पाया जाता है कि किसी डोरी में स्पन्द (अथवा तरंग) की चाल डोरी में तनाव के वर्गमूल के अनुक्रमानुपाती तथा डोरी के प्रति एकांक लम्बाई के द्रव्यमान के व्युत्क्रमानुपाती होती है। मापने योग्य समय के लिए यह सुझाव दिया जाता है कि डोरी तथा उसमें तनाव का चयन न्याय संगत हो।

प्रश्न

- स्पन्द तथा तरंग में क्या अंतर होता है?
- तानित डोरी में उत्पन्न स्पन्द की क्या प्रकृति होती है? यह अनुप्रस्थ होती है अथवा अनुदैर्ध्य? क्या किसी डोरी अथवा धागे में अनुदैर्ध्य स्पन्द उत्पन्न किया जा सकता है (बच्चों का डोरी वाला टेलीफोन)?
- इस प्रयोग को करने के लिए हम लम्बी डोरी को वरीयता क्यों देते हैं?
- इस प्रयोग में आपने यह पाया होगा कि डोरी में स्पन्द की चाल को व्यक्त करते समय डोरी की विभिन्न लम्बाइयों में प्राप्त स्पन्द की चालों का औसत मान प्राप्त करने का सुझाव नहीं दिया गया है। क्यों?

प्रयोग 43

किसी तानित स्लिन्की से संचारित अनुदैर्ध्य स्पन्द की चाल ज्ञात करना।

सिद्धांत

स्पन्द माध्यम में उत्पन्न एक लघु विक्षोभ होता है जो माध्यम में अल्प समय तक ही बना रह पाता है। स्पन्द की गति का प्रेक्षण किसी लम्बी तानित डोरी पर अथवा तानित स्लिन्की में किया जा सकता है। किसी स्पन्द का वर्गीकरण उस दिशा के संदर्भ में किया जाता है जिसमें वह माध्यम को विक्षोभित करता है। अनुदैर्ध्य स्पन्द ऐसा विक्षोभ होता है जिसके कारण माध्यम के कण स्पन्द की गति की दिशा के समांतर दोलन करते हैं। यदि विक्षोभ के कारण माध्यम के कणों की गति स्पन्द की गति की दिशा के लम्बवत् होती है तो वह अनुप्रस्थ स्पन्द होता है। धात्विक स्लिन्की में अनुदैर्ध्य स्पन्द उत्पन्न किया जा सकता है यदि स्लिन्की को बाहर की ओर क्षैतिज दिशा में खींचकर स्लिन्की की पहली कुछ कुण्डलियों को संपीडित करके क्षैतिज दिशा में मुक्त कर दिया जाए। ऐसे प्रकरण में माध्यम (स्लिन्की) की प्रत्येक पृथक कुण्डली स्पन्द की गति की दिशा के समांतर दिशा में दोलन गति करने लगती है। संपीडन, जहाँ माध्यम के भाग (स्लिन्की की कुण्डली) सामान्य से एक दूसरे के अधिक पास होते हैं, अथवा विरलन, जहाँ माध्यम के भाग सामान्य से एक दूसरे के अधिक

चित्र 43.1: धात्विक स्लिन्की में अनुदैर्ध्य स्पन्द

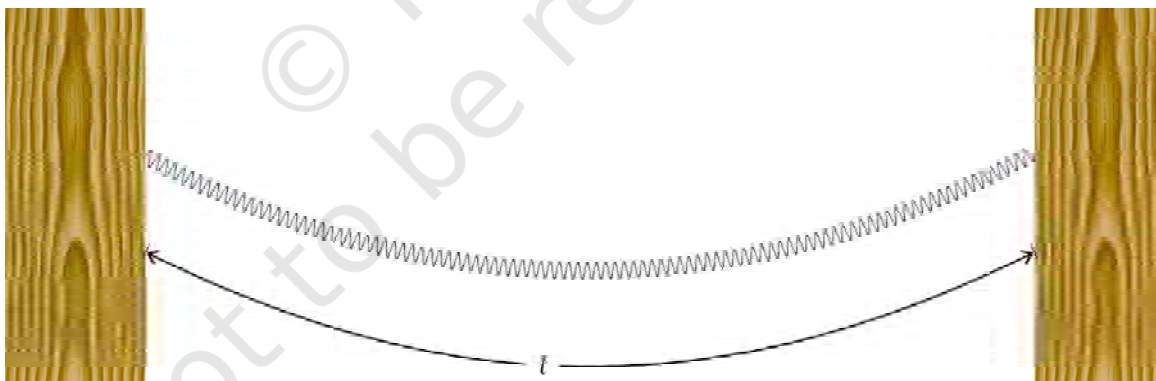
दूरी पर होते हैं, से एक गतिशील अनुदैर्ध्य स्पन्द बनता है। संपीडन अथवा विरलन (स्पन्द) स्लिन्की की लम्बाई के अनुदिश गमन करता है। यदि स्लिन्की के दोनों सिरे दृढ़तापूर्वक जुड़े हैं तो स्पन्द समाप्त होने से पूर्व कई बार इधर-उधर परावर्तित हो सकता है। धात्विक स्लिन्की में स्पन्द की चाल, स्पन्द द्वारा तानित

स्लिन्की की ज्ञात लम्बाई (l) चलने में लगे समय (T) को मापकर ज्ञात की जा सकती है। इस प्रकार अनुदैर्ध्य स्पन्द की चाल $v = \frac{l}{T}$

आवश्यक सामग्री

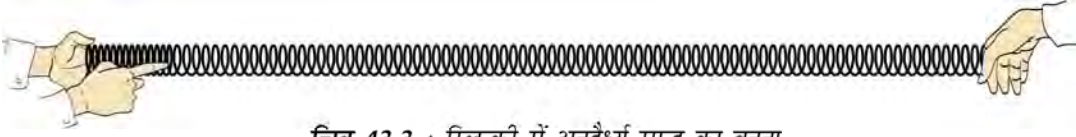
लम्बी धात्विक स्लिन्की, अवितान्य धागा, मीटर पैमाना (या मापक फीता) तथा एक विराम घड़ी।

कार्यविधि

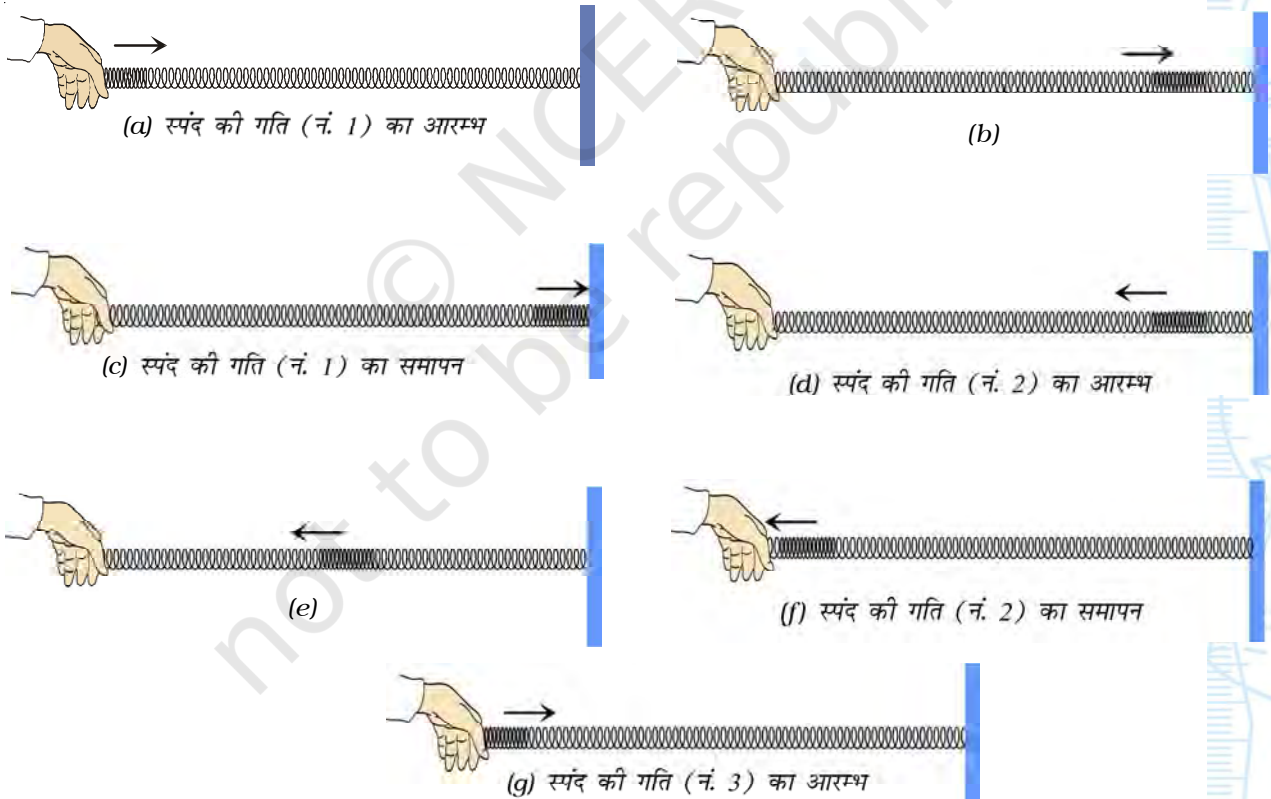
1. विराम घड़ी का अल्पतमांक ज्ञात कीजिए।
2. धात्विक स्लिन्की का एक सिरा किसी दृढ़ टेक जैसे दरवाजे की हत्थी अथवा खिड़की की ग्रिल अथवा दीवार में लगी खूँटी से बाँधिए।
3. स्लिन्की के दूसरे सिरे को कस कर पकड़िए तथा इसे किसी ज्ञात लम्बाई l_1 (चित्र 43.2) तक खींचिए। स्लिन्की को तब तक खींचिए जब तक उसकी कुण्डलियों के बीच की दूरी लगभग 1 cm न हो जाए। स्लिन्की के भार के कारण बीच में झोल पड़ सकता है। तथापि थोड़े से झोल से प्रेक्षणों पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता। यहाँ पर स्लिन्की की ज्ञात लम्बाई से अर्थ चित्र 42.2 में दर्शाए

चित्र 43.2 : ज्ञात लम्बाई (l) की तानित स्लिन्की

अनुसार तानित अवनमित (झोल पड़ी हुई) स्लिन्की की लम्बाई है। इस लम्बाई को मापने के लिए तानित स्लिन्की के अवनमित पथ के अनुदिश मापक फीते का उपयोग कीजिए। वैकल्पिक रूप से किसी धागे तथा मीटर पैमाने द्वारा तानित स्लिन्की की लम्बाई ज्ञात कीजिए।

17/04/18

4. आप क्या प्रेक्षण करते हैं? स्लिन्की दोलन कर रही है! स्लिन्की को विराम में तथा स्थायी अवस्था में आने दीजिए। इसके लिए अपने मित्र से तानित स्लिन्की को बीच से कुछ देर तक धीरे से पकड़े रखने के लिए कहिए। इससे स्लिन्की शीघ्र ही विराम अवस्था में आ जाएगी।

चित्र 43.3 : स्लिन्की में अनुदैर्ध्य स्पन्द का बनना

5. जिस सिरे से आप स्लिन्की को पकड़े हुए हैं, वहाँ पर स्लिन्की की कुछ कुण्डलियों को अपनी ओर एकत्र कीजिए। इन्हें शीघ्रता से मुक्त कीजिए। प्रेक्षण कीजिए कि किस दिशा में स्पन्द गति कर रहा है तथा किस दिशा में तानित स्लिन्की की कुण्डलियाँ (माध्यम) गति कर रही हैं। क्या गतियाँ समान दिशा में हैं? क्या स्पन्द अनुप्रस्थ है या अनुदैर्ध्य?

6. इस प्रकरण में स्लिन्की की कुण्डली विक्षोभ की दिशा के लम्बवत गति नहीं करती। इसके विपरीत, किसी क्षेत्र में कुण्डलियाँ गुच्छ के रूप में एकत्र हो जाती हैं तथा गुच्छ स्लिन्की में आगे की ओर बढ़ता प्रतीत होता है। स्लिन्की की कुण्डलियाँ इधर-उधर गति करती हैं। इस प्रकार स्लिन्की में उत्पन्न स्पन्द अनुदैर्ध्य है (चित्र 43.3)।

चित्र 43.4 (a-g): *दोनों सिरों पर जुड़ी हुई स्लिंकी में एक अनुदैर्ध्य स्पंद समाप्त होने से पूर्व कई बार इधर-उधर गमन करता है*

7. चरण 4 की भाँति स्लिन्की को पुन: विराम अवस्था में लाइए।
8. तानित स्लिन्की के एक सिरे को पकड़कर उसकी कुछ कुण्डलियों को अपनी ओर एकत्र करके शीघ्रता से इन्हें मुक्त कीजिए। अपने मित्र से कहिए कि जैसे ही आप कुण्डलियों के गुच्छ को मुक्त करें वह तत्क्षण ही विराम घड़ी को चालू कर दे। स्पन्द द्वारा चित्र 43.4 (a-g) में दर्शाए अनुसार दो सिरों के बीच स्लिन्की की समस्त लम्बाई की n यात्राएं करने में लगा कुल समय मापिए। यह तभी संभव हो सकता है जब स्लिन्की में उत्पन्न स्पन्द समाप्त होने से पूर्व स्लिन्की में इधर-उधर n बार गमन करे। विराम घड़ी को चालू करना तथा बन्द करना स्लिन्की में स्पन्द उत्पन्न करने तथा अंत में इसके n यात्रा पूरी करके सिरे पर पहुँचने के तत्क्षणिक होनी चाहिए। तानित स्लिन्की की समस्त लम्बाई l_1 की स्पन्द द्वारा यात्रा करने की गिनती करने में सावधानी रखनी चाहिए। वास्तव में आपकी अँगुली जो तानित स्लिन्की के एक सिरे को पकड़े हुए है वह भी स्पन्द के परावर्तनों को स्लिन्की में स्पन्द द्वारा पूर्ण की गयी दूसरी, चौथी, छटी, आठवीं यात्राओं के पश्चात् भली भाँति अनुभव करेगी। हर बार जब भी स्पन्द आपकी अँगुली पर पहुँचेगा आपकी अँगुली पर दाब आरोपित करेगा।
9. स्लिन्की की विभिन्न लम्बाईयाँ जैसे l_2, l_3 आदि लेकर अपने प्रयोग को दोहराइए। इसके लिए आप अपने उस हाथ की स्थिति में परिवर्तन कर सकते हैं जो स्लिन्की को पकड़े हुए (अथवा अपनी स्थिति में परिवर्तन कर सकते हैं) तथा दूसरे सिरे को उसी स्थान पर स्थिर रख सकते हैं। अपने प्रेक्षणों को तालिका में नोट कीजिए।

प्रेक्षण एवं परिकलन

विराम घड़ी का अल्पतमांक = _______ s.

क्रम सं.	दो सिरों के बीच तानित स्लिन्की की लम्बाई l	स्पन्द द्वारा n यात्राएं पूरी करने का समय t	स्पन्द द्वारा 1 यात्रा पूरी करने का समय $T = t/n$	स्लिन्की में स्पन्द की चाल $v = l/T$
	(m)	(s)	(s)	(m s^{-1})
1	l_1 =			v_1 =
2	l_2 =			v_2 =
3	l_3 =			v_3 =

परिणाम एवं परिचर्चा

तानित स्लिन्की में विभिन्न लम्बाइयों पर अनुदैर्ध्य स्पन्द की चाल उपरोक्त तालिका में दी गयी है। इस प्रयोग में कदाचित् आप तानित स्लिन्की की विभिन्न ज्ञात लम्बाइयों के लिए अनुदैर्ध्य स्पन्द की चाल के विभिन्न

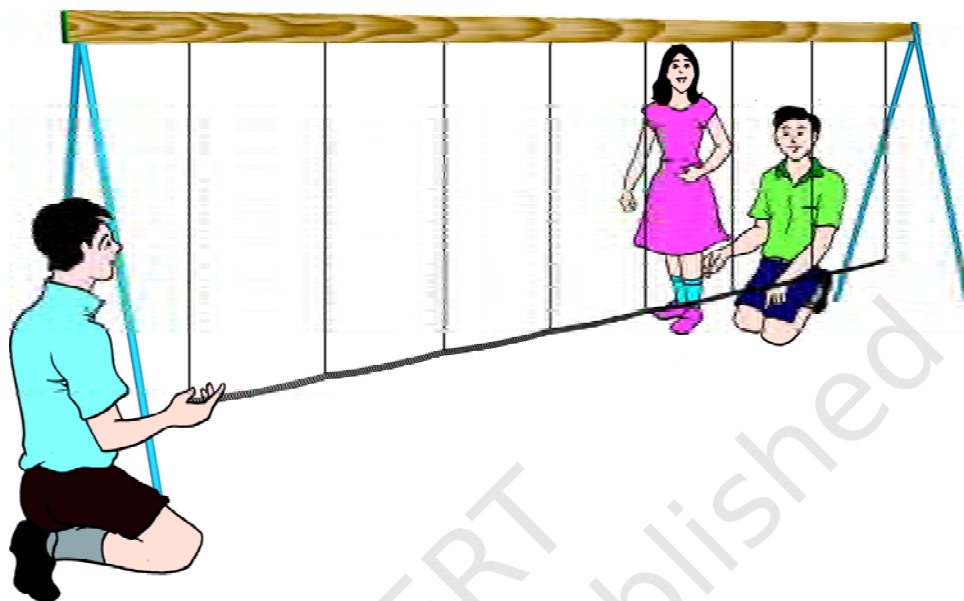
मान प्राप्त कर सकते हैं। इस पर अपने शिक्षक एवं मित्रों से चर्चा करके उन कारकों को लिखिए जो स्पन्द की चाल को प्रभावित करते हैं।

सावधानियाँ

- प्रयोग करते समय स्लिन्की को अतितानित न करें।
- यह सुनिश्चित कीजिए कि स्लिन्की का कोई भाग किसी भी पृष्ठ को न छुए। क्यों? तानित स्लिन्की की कुण्डलियों का किसी भी पृष्ठ से सम्पर्क, स्पन्द की ऊर्जा को सम्पर्क के माध्यम में अवशोषित कराएगा जिसके फलस्वरूप आप स्लिन्की में स्पन्द की कई यात्राएं नहीं देख पाएंगे।
- स्लिन्की में अनुदैर्ध्य स्पन्द उत्पन्न करते समय संपीडित स्लिन्की की कुण्डलियों को धीरे व शीघ्रतापूर्वक मुक्त करना चाहिए। एकत्रित कुण्डलियों को मुक्त करते समय कोई बल नहीं लगाना चाहिए।
- स्लिन्की में इसकी लम्बाई के अनुदिश कहीं भी कोई गाँठ अथवा ऐंठन नहीं होनी चाहिए। स्लिन्की की कुण्डलियों में कोई उलझन नहीं होनी चाहिए।
- स्पन्द उत्पन्न करते समय गिनती शून्य से आरम्भ करनी चाहिए तथा विराम घड़ी उसी क्षण आरम्भ कर देनी चाहिए।
- स्पन्द का आयाम काफी बड़ा रखने का प्रयास किया जाना चाहिए ताकि यह स्लिन्की के सिरों पर पर्याप्त संख्या में परावर्तित हो सके। अभ्यास द्वारा उपयुक्त आयाम ज्ञात किया जा सकता है जो सर्वोत्तम परिणाम दे।

शिक्षक के लिए

- इस प्रयोग में पर्याप्त अभ्यास चाहिए अतः इसे दो अथवा तीन विद्यार्थियों के समूह में किया जाना चाहिए।
- इस प्रयोग में धातु की स्लिन्की का प्रयोग करने के लिए सुझाया गया है तथापि इसे प्लास्टिक की स्लिन्की द्वारा भी किया जा सकता है। परन्तु हो सकता है कि तब आप स्लिन्की में पर्याप्त समय तक स्पन्द को बने रहने का प्रेक्षण (अथवा अनुभव) नहीं कर पायें।
- यह सुझाव दिया जाता है कि इस प्रयोग को ऐसे स्थान पर किया जाए जहाँ वायु जैसे बाह्य कारकों का प्रभाव निम्नतम् हो (प्रयोग करते समय पंखे बंद कर देने चाहिए।)।
- तानित स्लिन्की में अनुदैर्ध्य स्पन्द की चाल काफी अधिक होती है जिससे स्पन्द की एक यात्रा में लगे समय को मापने में कठिनाई होती है। अतः यह सुझाव दिया जाता है कि जितनी अधिकतम् यात्राओं के समय की माप संभव हो उतनी लीजिए।

- यदि इस प्रयोगिक व्यवस्था में स्लिन्की में अवनमन अत्यधिक है तो चित्र 43.5 में दर्शाए अनुसार हल्के धागों की सहायता से कुछ टेक प्रदान की जा सकती हैं।

***चित्र 43.5 :** बहुत सी प्रत्यास्थ डोरियों द्वारा अवलम्बित बड़ी स्लिन्की*

प्रश्न

- इस प्रयोग में आपको सुझाया गया है कि आप विराम घड़ी का अल्पतमांक ज्ञात करें। वहीं आपको मीटर पैमाने अथवा मापक फीते का उपयोग करने के लिए भी कहा गया है। परन्तु आपको इन लम्बाई मापने के उपकरणों का अल्पतमांक मापने का सुझाव नहीं दिया गया है। ऐसा क्यों है?
- स्लिन्की में अनुदैर्ध्य स्पन्द उत्पन्न करते समय स्लिन्की की एकत्रित कुण्डलियों को शीघ्र मुक्त क्यों करना चाहिए?
- स्लिन्की में अनुदैर्ध्य स्पन्द कैसे गमन करता है?
- इस प्रयोग में आप लम्बी स्लिन्की का उपयोग क्यों करते हैं?
- स्लिन्की में अनुदैर्ध्य स्पन्द के गमन करते समय यदि तानित स्लिन्की का मध्य भाग किसी पृष्ठ को स्पर्श करे तो क्या होगा?
- स्लिन्की में अनुदैर्ध्य स्पन्द उत्पन्न करते समय यदि कोई विद्यार्थी एकत्रित कुण्डलियों को धीरे से पकड़ कर शीघ्रता से मुक्त करने के स्थान पर स्लिन्की के एक सिरे को पकड़कर अपने हाथ को तिरछे हिलाए तो स्लिन्की में किस प्रकार का स्पन्द उत्पन्न होगा? अपने उत्तर की व्याख्या कीजिए।

- इस प्रयोग में आप कदाचित् तानित स्लिन्की की विभिन्न लम्बाइयों के लिए अनुदैर्ध्य स्पन्द की चाल के विभिन्न मान ज्ञात करते हैं। क्यों?
- इस प्रयोग में हम तानित स्लिन्की में स्पन्द की यात्राओं की अधिक संख्या के लिए समय की माप क्यों करते हैं?

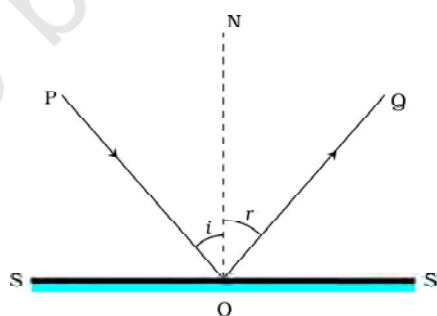
17/04/18

प्रयोग 44

उद्देश्य

ध्वनि के परावर्तन का अध्ययन करना।

सिद्धांत

ध्वनि उन्हीं नियमों का पालन करते हुए परावर्तित होती है जिनका कि प्रकाश किरणें पालन करती हैं। अर्थात् परावर्तित किरण आपतित किरण के तल (जिसमें आपतित किरण तथा परावर्तक पृष्ठ के आयतन बिन्दु पर अभिलम्ब होते हैं) में ही होती है तथा परावर्तन कोण ($\angle r$) आपतन कोण ($\angle i$) के बराबर होता है।

चित्र 44.1: ध्वनि का परावर्तन

आवश्यक सामग्री

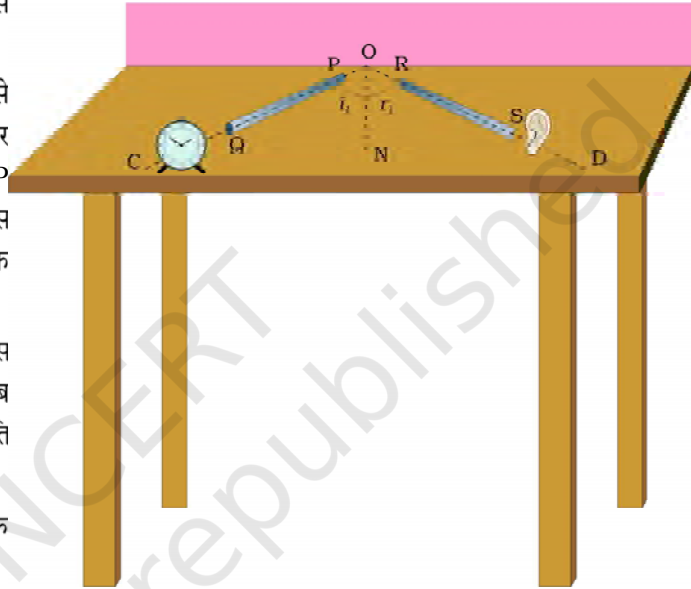
दो सर्वसम प्लास्टिक-पाइप (लम्बाई लगभग 1 m) तथा व्यास लगभग 10 cm अथवा कम), एक चाँदा (बड़े साइज़ को वरीयता), मीटर पैमाना तथा कम आयाम का ध्वनि स्रोत जैसे मेज़ घड़ी।

कार्यविधि

1. इस प्रयोग में आपको कम आयाम की ध्वनि तरंगें सुननी हैं अत: यह आवश्यक है कि वातावरण शांतिपूर्ण हो। ध्वनि को स्पष्ट सुन सकने के लिए आपको यह परामर्श और दिया जाता है कि पंखे बन्द कर दें।
2. पेंसिल अथवा चाक के टुकड़े से मेज पर (चित्र 44.2 में दर्शाए अनुसार) दीवार के पृष्ठ के लम्बवत् एक रेखा ON खींचिए।
3. अब रेखा ON से कोई कोण $\angle i_1$ (जैसे 30°) बनाते हुए एक रेखा OC खींचिए।
4. दो प्लास्टिक पाइपों में से कोई एक (जैसे PQ) रेखा OC के अनुदिश इस प्रकार रखिए कि प्लास्टिक पाइप का सिरा P दीवार के बिन्दु O के काफी निकट हो। इस अवस्था में पाइप PQ का अक्ष रेखा OC के ऊपर होता है (चित्र 44.2)।
5. अब दूसरा प्लास्टिक पाइप RS मेज़ पर इस प्रकार रखिए कि इसका सिरा R अभिलम्ब ON के दूसरी ओर हो। सिरे R की स्थिति मेज पर चिह्नित कीजिए।
6. मेज़ घड़ी को पाइप PQ के सिरे Q के निकट रखिए।
7. अपना कान पाइप RS के सिरे S के पास लाइए तथा पाइप से होकर आने वाली घड़ी की ध्वनि को सुनने का प्रयास कीजिए। क्या आपको कोई ध्वनि सुनाई देती है। सिरे R की स्थिति को वहीं रखते हुए, पाइप RS की स्थिति को मेज पर इस प्रकार

   समायोजित कीजिए कि घड़ी की ध्वनि सुनाई देने लगे। पाइप RS के सिरे S की उस स्थिति को चिह्नित कीजिए जहाँ आपको अधिकतम् ध्वनि सुनाई दे।

चित्र 42.2: प्रायोगिक व्यवस्था

8. दीवार के बिन्दु O, पाइप के दोनों सिरों को निरूपित करने वाले बिन्दुओं R तथा S को मिलाते हुए रेखा OD खींचिए।
9. कोण $\angle$NOD को मापिए। आपतन कोण $\angle i_1$ के लिए यह परावर्तन कोण (जैसे $\angle r_1$) है। प्रेक्षण नोट कीजिए।
10. पाइप RS के सिरे R को स्थिर रखते हुए सिरे S को कुछ ऊँचाई तक ऊर्ध्वाधर उठाइए। क्या अब आप पाइप से होकर घड़ी की ध्वनि सुन सकते हैं? यदि हाँ तो सिरे S को कुछ और ऊँचाई तक ऊर्ध्वाधर उठाइए। क्या अब भी आपको ध्वनि सुनाई देती है अथवा पूर्णत: समाप्त हो जाती है?
11. आपतन कोण $\angle i$ के अन्य तीन विभिन्न मानों के लिए कार्य विधि के चरण 2 से आगे के चरणों को दोहराकर तदनुरूपी परावर्तन कोणों $\angle r$ के मान ज्ञात कीजिए।

12. आपने मेज पर बहुत सी रेखाएं खींची हो सकती हैं। आपके पश्चात् इस प्रयोग को करने आने वाले अन्य विद्यार्थियों के लिए सामान्य शिष्टाचारवश मेज पर खिंची सभी रेखाएं मिटा दीजिए।

प्रेक्षण

क्रम सं.	आपतन कोण $\angle i$ (°)	परावर्तन कोण $\angle r$ (°)	$\angle i \sim \angle r$ (°)
1			
2			
3			
4			

परिणाम एवं परिचर्चा

1. सभी प्रकरणों में आपतन कोण परावर्तन कोण के बराबर है।
2. जब उस पाइप को जिससे ध्वनि सुनते हैं, ऊर्ध्वाधर उठाते हैं तो मेज घड़ी की ध्वनि या तो दुर्बल हो जाती है अथवा पूर्णत: समाप्त हो जाती है। यह दर्शाता है कि परावर्तित ध्वनि आपतित ध्वनि के तल में ही होती है।

यह प्रेक्षण सत्यापित करते हैं कि ध्वनि किसी ठोस पृष्ठ से परावर्तित होती है तथा प्रकाश की भाँति परावर्तन के नियमों का पालन करती है। यदि आपके प्रेक्षण अपेक्षित प्रेक्षणों से भिन्न हैं तो कारणों पर चर्चा कीजिए।

सावधानियाँ

- स्पष्ट परावर्तित ध्वनि सुनने के लिए आपतित ध्वनि भी स्पष्ट एवं निर्बाध होनी चाहिए।
- जब ध्वनि किसी पृष्ठ पर पड़ती है तो वह केवल परावर्तित ही नहीं होती वरन् उसका कुछ भाग दीवार के पृष्ठ द्वारा भी अवशोषित कर लिया जाता है। अत: जो ध्वनि आप पाइप से होकर सुनते हैं वह दीवार की प्रकृति पर निर्भर करती है। यदि परावर्तक दीवार चिकनी है तो परावर्तन अधिक होगा। अत: परावर्तक पृष्ठ चिकना होना महत्वपूर्ण है।
- यदि हम बड़े आयाम का ध्वनि स्रोत लें तो आपको उस स्रोत की ध्वनि सीधी सुनाई दे सकती है (अर्थात् जो न केवल पाइप QP से होती हुई दीवार से परावर्तन के पश्चात् पाइप RS से होती हुई आपके कानों में पहुँचे बल्कि आप वह तरंगें भी प्राप्त करेंगे जो ध्वनि स्रोत से सीधे ही आपके कानों में पहुँच रही हैं)। अत: यह आवश्यक है कि स्रोत लघु आयाम की ध्वनि उत्पन्न करने वाला हो। इसी कारण यह परामर्श दिया जाता है कि प्रेक्षण लेते समय आपका दूसरा कान बन्द होना चाहिए।
- इस प्रयोग में यह माना गया है कि मेज घड़ी ध्वनि की कोई तरंग उत्पन्न करती है जो पथ QPO के अनुदिश दीवार पर आपतन करके पथ ORSD (चित्र 44.2) के अनुदिश परावर्तित होती है। अर्थात्

स्रोत दिशिक है। वास्तविकता में ऐसा नहीं होता। अवांछनीय ध्वनि के सीमित करने के लिए यह परामर्श दिया जाता है कि छोटे व्यास का लम्बा पाइप उपयोग करें।

- कोण मापने के लिए पाइप के अक्षों को आपतित तथा परावर्तित तरंगें मापना चाहिए। रेखाओं OC तथा OD को खींचने एवं पाइपों को रखने में अत्यधिक सावधानी बरतनी चाहिए।
- क्योंकि आप अपेक्षाकृत बड़ी विमाओं का उपयोग कर रहे हैं अत: आपको कोण मापने के लिए बड़े साइज के चाँदे का उपयोग करने का परामर्श दिया जाता है।

शिक्षक के लिए

- इस प्रयोग में दो सर्वसम प्लास्टिक पाइप अनुमोदित किए गए हैं। यदि प्लास्टिक पाइप उपलब्ध न हों तो चार्ट पेपर अथवा समाचार पत्रों के पाइप बनाए जा सकते हैं।
- अवांछनीय ध्वनि तरंगों से बचाव के लिए (जैसा कि सावधानियाँ तथा त्रुटियों के स्रोत बिन्दु 4 में स्पष्ट किया गया है।) दोनों पाइपों के भीतरी पृष्ठों को काफी खुरदरा बनाया जा सकता है। प्लास्टिक पाइपों को उपयोग करने से पूर्व उनके भीतर समाचार पत्र की एक परत बनायी जा सकती है। इस प्रकार से प्रेक्षक के कानों में पहुँचने वाली ध्वनि सुस्पष्ट सुन जाएगी।
- अभिलंब ON के अनुदिश गत्ते (अथवा लकड़ी) की विभाजक दीवार, स्रोत से सीधी ध्वनि पहुँचने को रोकने में सहायता कर सकती है।

प्रश्न

- इस प्रयोग को करते समय हम कम व्यास तथा अधिक लम्बाई के पाइपों के उपयोग को वरीयता क्यों देते हैं?
- ध्वनि के परावर्तन का प्रयोग प्रकाश के परावर्तन के प्रयोग से किस प्रकार भिन्न है?
- इस प्रयोग के लिए ध्वनि परावर्तक पृष्ठ के रूप में आप किस शीट का चयन करेंगे
  (a) लकड़ी का चिकना बोर्ड अथवा (b) थर्मोकोल की शीट? क्यों?
- मान लीजिए इस प्रयोग की सारी प्रायोगिक व्यवस्था जल में डूबी है। प्रेक्षणों में आप किन परिवर्तनों की अपेक्षा करते हैं ?
- परावर्ती ध्वनि को सुस्पष्ट तथा निर्विघ्न बनाने के लिए पाइपों की रचना में आप क्या परिवर्तन कर सकते हैं?